

51-я Международная молодёжная научная конференция

51st Gagarin Science Conference

«Гагаринские чтения — 2025»

Сборник тезисов докладов

Москва

2025 г.

УДК 629.7
ББК 39.5я43
С23

С23 Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции LI Гагаринские чтения 2025. – М.: Издательство «Перо», 2025. – Мб. [Электронное издание].

ISBN 978-5-00270-020-2

Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения» в 2025 году прошла в 51-й раз. Конференция является площадкой для обсуждения научных исследований молодых учёных в области инновационных технологий по аэрокосмическому направлению. Выступление в научных секциях конференции для многих участников является шагом к написанию кандидатских диссертаций, возможностью рассказать о своих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, узнать о трендах и достижениях других организаций.

Конференция проходит по 9 направлениям:

- авиационные системы и беспилотные технологии;
- двигатели летательных аппаратов и энергетические установки;
- системы управления, информатика и электроэнергетика;
- радиоэлектронное оборудование, средства связи и их технологии;
- ракетные и космические системы;
- робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение;
- перспективные материалы и производственные технологии;
- экономика и менеджмент предприятий авиационно-космического 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 оборонно-промышленной отраслей, выявление новых научно-технических результатов в высокотехнологичных областях;
- вовлечение молодёжи в научно-исследовательскую деятельность;
- обсуждение приоритетных задач развития высокотехнологичных отраслей в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- 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 общеобразовательных учреждений с целью привлечения их 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 постоянно размещается в электронной библиотеке и входит в Российский индекс научного цитирования.

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

Заседания конференции проводятся как на основной площадке МАИ в г. Москва, так и в филиалах «Взлёт» и «Восход» в городах Ахтунбинк и Байконур (Республика Казахстан) соответственно.

УДК 629.7
ББК 39.5я43

ISBN 978-5-00270-020-2

© Московский авиационный институт, 2025
© Авторы статей, 2025

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

Уважаемые коллеги, дорогие участники и гости!

От имени Московского авиационного института и всего профессорско-преподавательского состава сердечно приветствую вас на 51-й Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения»!

Для МАИ проведение «Гагаринских чтений» – особая честь и добрая традиция. В этом году наш университет отмечает знаменательную дату – 95 лет со дня основания. Практически вековая история МАИ неразрывно связана с развитием авиации, космонавтики и высоких технологий нашей страны. Мы гордимся нашим наследием и уверенно смотрим в будущее, которое создаете именно вы – талантливые молодые ученые и инженеры.

«Гагаринские чтения» предоставляют уникальную возможность для молодёжи – студентов и аспирантов ведущих вузов России и мира – представить свои научные достижения, обменяться идеями, найти единомышленников и наставников. Ваши исследования, доклады и дискуссии в рамках многочисленных секций конференции – это живой вклад в развитие приоритетных направлений науки и техники.

Ваша энергия, свежий взгляд и инновационные подходы как никогда востребованы. Сегодня как никогда актуальна Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, ставящая амбициозные задачи по достижению технологического суверенитета и лидерства в ключевых областях. Авиация, космос, двигателестроение, цифровые технологии, новые материалы – все эти сферы, традиционно сильные для МАИ, являются стратегическими для страны. Ваша работа сегодня – это фундамент технологического прорыва России завтра.

Желаю всем участникам конференции плодотворной работы, ярких выступлений, интересных дискуссий и новых научных открытий! Пусть «Гагаринские чтения» станут для вас стимулом к дальнейшим исследованиям, отправной точкой для реализации самых смелых проектов и укрепления международного научного сотрудничества.

Уверен, что представленные на конференции работы внесут значимый вклад в развитие отечественной и мировой науки!

Успехов вам, вдохновения и высоких научных достижений!

С уважением,
проректор по научной работе

А.В. Иванов

Оглавление

Направление №1 Авиационные системы и беспилотные технологии	5
Направление №2 Двигатели летательных аппаратов и энергетические установки.....	84
Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика	185
Направление №4 Радиоэлектронное оборудование, средства связи и их технологии	336
Направление №5 Ракетные и космические системы.....	359
Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение	467
Направление №7 Математическое моделирование и искусственный интеллект	505
Направление №8 Перспективные материалы и производственные технологии.....	595
Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий авиационно-космического комплекса	682
Направление №11 International session (in English).....	844
Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур).....	856
Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)	905
Алфавитный указатель	918

Направление №1 Авиационные системы и беспилотные технологии

Секция №1.1 Аэродинамика, динамика и управление полётом ЛА

Проектирование вертолётного стенда для исследования влияния близости подстилающей поверхности

Ахметшина А.А., Пискунов Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гарипова Л.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

К современным тенденциям в авиационной отрасли можно отнести следующее: увеличение грузоподъемности, уменьшения расхода топлива и веса, улучшение маневренных характеристик вертолетов. Разработка новых моделей летательных аппаратов требует глубокого анализа различных факторов, влияющих на характеристики полета.

Одним из таких важных факторов является влияние близости подстилающей поверхности или как его по-другому принято называть, эффект земли [1, 2].

Эффект земли оказывает существенное влияние на управляемость вертолета и аэродинамические характеристики несущего винта: в основном проявляется на режимах взлёта и посадки. С приближением вертолета к поверхности земли, эффективность несущей системы повышается за счет взаимодействия воздушного потока с землей. Увеличение эффективности несущего винта обусловлено двумя явлениями:

1. Снижение скорости набегающего потока воздуха.
2. Уменьшение потерь на вихреобразование.

По мере приближения вертолета к подстилающей поверхности, необходимо уменьшать шаг винта, чтобы оставаться на режиме зависания у земли. Кроме того, при этом требуется меньшая мощность, чем при зависании в свободном пространстве.

Целью настоящей работы является разработка демонстрационного стенда для изучения влияния близости подстилающей поверхности на характеристики несущего винта вертолета. Данный стенд оснащен тензодатчиком, что позволяет оценивать характеристики несущего винта вертолета при изменении высоты подстилающей поверхности. Проведенные исследования показали, что полученные данные согласуются с результатами расчетов по приближенным методикам. Разработанный стенд планируется применять в учебном процессе для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Теория винта вертолета».

Список используемых источников:

1. Khromov V., Rand O. Ground Effect Modeling for Rotary-Wing Simulation// 26th International Congress of the Aeronautical Sciences. 2008. 1-10 pp.
2. Cantrell P. Helicopter aerodynamics // Scribd. 1-57 pp.

Разработка алгоритмов функционирования указателей на дисплее для обеспечения повышения уровня безопасности полётов

Воронка Т.В.

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

МАИ, Москва

На всех стадиях развития и улучшения авиационной техники, чтобы обеспечить безопасность пилотирования, происходило улучшение информационного пространства в кабине экипажа. В частности, если говорить о такой сложной задаче управления, как посадка, то первым средством информационной поддержки, которое появилось на борту и до сих пор остаётся наиболее сложным, является система позиционного управления [1]. При использовании позиционного управления летчику демонстрируется отклонение самолета от

глизсасы. Однако для того, чтобы минимизировать это отклонение лётчик должен использовать множество дополнительной информации: указатель угла тангажа и вертикальной скорости при управлении по высоте, указатели крена, курса при управлении боковой дальностью.

Следующим шагом улучшения информационного поля кабины, после позиционного управления, позволяющим упростить выполнение задачи посадки и повысить безопасность пилотирования, обеспечивая более простой характер действий лётчика, стало использование директорных меток, дополнивших приборное оборудование самолета. Однако директорное управление не лишено недостатков и несмотря на то, что процесс пилотирования при этом упрощается, директорные сигналы не дают представления о пространственном положении самолета и его положении относительно глизсасы, поэтому с лётчика не снимается обязанность контролировать другие параметры движения. Кроме того, формируемый ими сигнал является компенсаторным, что не позволяет лётчику прогнозировать ситуацию, что в конечном итоге влияет на безопасность пилотирования.

Ещё одним недостатком подобных систем является то, что они рассчитаны исключительно на движение по глизсасе и не могут обеспечить точное следование по криволинейной траектории [2-3].

В настоящей работе предлагается разработать алгоритм формирования элементов дисплея, основанный на базе знания закономерностей восприятия и обработки лётчиком информации и формирования управляющего сигнала, обеспечивающим наипростейший характер его действий и снимающий обязанность контролировать дополнительные параметры движения для оценки пространственного положения самолета относительно глизсасы или криволинейной траектории подхода.

Кроме того, разработанные в работе алгоритмы компенсации запаздывания в контуре управления, интегрированные с элементами информационного поля, позволяют обеспечить управление дистанционно пилотируемых летательных аппаратов при наличии существенного запаздывания (до 2 секунд) в контуре ручного управления.

Список используемых источников:

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

Методика синтеза закона управления подвижностью на базе оптимального подхода к моделированию управляющих действий лётчика

Гришина А.Ю.

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

МАИ, Москва

Множество задач, выполняемых лётчиком, нельзя свести к схеме одноконтурного слежения, они требуют рассмотрения системы самолёт-лётчик как многоконтурной, многоканальной или многомодальной системы [1]. Это приводит к осложнению экспериментальных исследований и к тому, что множество вопросов, касающихся таких задач остаются неизученными.

В настоящей работе выполнены серии экспериментальных исследований по выявлению закономерностей характеристик системы самолет-лётчик в задачах многомодального управления, в которых лётчик помимо визуальной информации воспринимает вестибулярную и кинестетическую информацию. Полунатурное моделирование на пилотажном стенде осуществлялось для двух различных задач пилотирования (стабилизация и компенсаторное слежение командного сигнала), а также для двух типов рычагов управления, передающих сигналы пропорционально перемещению рычага и пропорционально прикладываемым к нему усилиям.

Полученные результаты позволили учесть влияние фактора подвижности на выполнение задач стабилизации и отслеживания командного сигнала в боковом канале управления при математическом моделировании системы самолет-летчик. Предложена модификация оптимальной модели управляющих действий летчика [2-3], дополненная обратными связями по акселерационной и проприоцептивной информации, вводимыми летчиком, что расширяет возможности ее использования для решения прикладных задач.

При помощи полученной модификации оптимальной модели был произведен синтез закона управления подвижностью. Результаты математического моделирования показали, что рациональное значение постоянной времени фильтра возврата, равно 1 секунде.

Список используемых источников:

1. А.В. Ефремов и др. «Летчик как динамическая система», Москва, Машиностроение, 1992.
2. Ефремов А. В. «Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика», Москва, МАИ, 194 стр., 2017 г.
3. Kleinman D.L., Baron S., Levison W.H. An optimal control model of human response. *Automatica*, vol. 6, 1970, pp. 357-369.
4. David K. Schmidt. Optimal Flight Control Synthesis via Pilot Modeling. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, vol. 2, issue 4, pp. 308-312

Искусственные нейронные сети как путь повышения эффективности аэродинамического проектирования

Губарев М.А., Степанов А.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Костяной Е.М.

ТулГУ, Тула

Аэродинамическое проектирование – неотъемлемая часть процесса разработки множества технических систем, таких как автомобили, летательные аппараты (ЛА) и даже здания. Можно выделить три основные группы инструментов аэродинамического проектирования. Первая – инженерные методы для предварительных расчетов и быстрой оценки аэродинамических характеристик (АДХ). Вторая – методы вычислительной газовой динамики (ВГД), позволяющие путем численного моделирования проводить высокоточный анализ процессов обтекания. Третья группа – экспериментальные методы, имеющие наибольшую точность получаемых результатов, но требующие больших материальных затрат ввиду необходимости проведения натурных испытаний.

Различные стоимостные показатели и различающаяся точность получаемых результатов создают предпосылки к использованию различных инструментов на разных этапах проектирования. Проведено исследование рациональных стратегий аэродинамического проектирования с точки зрения минимизации затрат на получение результата определенной точности. Рассматривался обобщенный инструмент с двумя характеристиками: точность и затрачиваемые ресурсы. Ресурсы выражались в затратах на получение одного стандартного набора АДХ. Процесс аэродинамического проектирования рассматривался как поиск из имеющегося множества решений варианта с наилучшим значением некой характеристики. Поиск проводился в статистической постановке итерационно. На каждой итерации использование инструмента расчета моделировалось путём искажения истинных величин на некоторую случайную величину, лежащую в пределах погрешности используемого инструмента.

В ходе исследования эффективности различных стратегий выявлено, что рационально комплексное использование всех доступных инструментов. Анализ показал, что в большинстве случаев (65%) для достижения приемлемого компромисса достаточно двух из трех групп инструментов. При этом инженерные методы оказались необходимы в 64% успешных стратегий. Их исключительная ценность проявляется на ранних этапах проектирования, где они позволяют быстро оценить основные характеристики и отсеять заведомо неперспективные варианты, существенно сокращая время и ресурсы. Далее более детально рассмотрены именно инструменты начальной стадии проектирования.

Инженерные методы аэродинамического проектирования, основанные на обобщении экспериментальных данных, хорошо подходят для начальных этапов проектирования, но они плохо интегрированы в современные цифровые технологии разработки. На данный момент сложилась ситуация, когда благодаря тесной интеграции с САД-системами доминирующим инструментом начальных стадий проектирования являются методы ВГД, которые зачастую избыточны для этих задач и могут порождать нерациональное использование ресурсов.

Дать новую жизнь инженерным методикам и большому объему данных в области аэродинамического проектирования могут методы машинного обучения, способные анализировать большие объемы данных и находить закономерности, которые могут быть неочевидны при традиционных подходах [1]. С целью разработки универсального инструмента, позволяющего с приемлемой точностью и низкой стоимостью определять АДХ на ранних этапах проектирования, предлагается применять искусственные нейронные сети (ИНС). Обученная модель на основе ИНС будет способна аппроксимировать АДХ как внутри подклассов объектов, так и в более широких областях, включающих множество подклассов.

Был создан базовый вариант ИНС для оценки АДХ ЛА, способный определять коэффициент лобового сопротивления, оперируя трёхмерной моделью ЛА, представленной в формате STL, и числом Маха набегающего потока. Данный подход позволит в будущем обеспечить интеграцию с САД-системами путём экспорта трёхмерных моделей. В основе данной ИНС лежит архитектура свёрточной нейронной сети для трёхмерных объектов, адаптированная под задачи определения АДХ. Для обучения ИНС сформирована синтетическая база данных, состоящая из трёхмерных геометрий ЛА и соответствующих им коэффициентов лобового сопротивления. Для этой цели на языке программирования Python разработаны соответствующие инструменты: генератор трехмерных моделей на базе библиотеки CadQuery [2] и программа, определяющая их АДХ с помощью полумпирических методик [3]. Обученная ИНС показала на тестовой выборке точность определения коэффициента лобового сопротивления 11%.

Таким образом, показана значимость начальной стадии аэродинамического проектирования и высокий потенциал использования на ней имеющихся инженерных методик, экспериментальных и расчетных данных, обобщенных с использованием ИНС.

Список используемых источников:

1. Брантон С.Л., Кул Дж. Н. Анализ данных в науке и технике / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 574 с.: ил.
2. CadQuery 2 Documentation / [Электронный ресурс] // CadQuery 2 Documentation: [сайт]. – URL: <https://cadquery.readthedocs.io/en/latest/index.html> (дата обращения: 12.11.2023).
3. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов / Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Машиностроение, 1973, 616 с.

Баллистический вычислитель построения программы полета

Добарин В.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Троицкий А.Н.

ТулГУ, Тула

Одним из ключевых этапов проектирования летательного аппарата (ЛА) является построение его программы полета. Сложность этого этапа обуславливается набором множества решений для достижения заданной цели. Помимо подтверждения эффективности выбранного подхода и сравнения его с альтернативными, может возникнуть необходимость внедрении новых конструкторских решений. Для автоматизации данного процесса предлагается специализированный баллистический вычислитель, способный решать широкий спектр задач, включая численное моделирование, многопараметрическую оптимизацию и гибкую настройку условий полета.

С учетом многозадачности вычислителя, его структура состоит из трех независимых модулей: «Математическая модель внешней баллистики», «Многопараметрическая

оптимизация» и «Параметры задачи». Такой подход обеспечивает универсальность и расширяемость всей программы.

Модуль «Математическая модель внешней баллистики» является ключевым элементом. В этот модуль входят несколько взаимосвязанных компонентов: математическая модель двигательной установки, модель атмосферы (таблица стандартной атмосферы ГОСТ 4401-81) и система дифференциальных уравнений движения ЛА [1]. Расчет аэродинамических характеристик основан на эмпирических зависимостях по методу Лебедева-Чернобровкина. Либо эти характеристики могут быть получены в результате аэродинамических продувок.

В модуле «Многопараметрическая оптимизация» применяются два метода: метод «циклического покоординатного спуска» (ЦПС) и метод случайного поиска «Монте-Карло». Выбор данных методов обусловлен прежде всего простотой их реализации, также их эффективностью. Метод ЦПС является не только основным способом нахождения экстремума, но и играет роль как стартового алгоритма с целью с целью получения разумного начального приближения для последующих процедур [2]. Однако этот метод имеет свойство «застывания» в точках, не являющихся оптимальными. Для устранения данной проблемы использовался метод «Монте-Карло» [3]. Таким образом, комбинирование двух этих методов способствует нахождению наиболее точного результата.

В модуле «Параметры задачи» вводятся условия, которые должны быть выполнены с заданной точностью, либо параметры оптимизации. Благодаря возможности гибкой настройки, модуль позволяет решать стандартные задачи внешней баллистики либо моделировать полет под конкретные цели. Это делает его важным инструментом для обеспечения точности и эффективности проектирования ЛА.

Разработанный расчетный комплекс представляет собой мощный инструмент для проектирования и оптимизации ЛА. Его модульная структура позволяет гибко учитывать различные параметры и условия, что делает его применимым как для модернизации существующих ЛА, так и для создания новых образцов. Использование комбинированных методов оптимизации обеспечивает высокую точность расчетов, что является ключевым фактором для создания конкурентоспособного продукта на современном рынке авиационной и ракетной техники.

Список используемых источников:

1. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика: Учебник для студентов вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. 608 с.; ил.
2. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2004, 256 с.
3. Введение в методы оптимизации. Аоки М. Перев. с англ., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1977, 344 с.

Исследование влияния эксплуатационных факторов на параметры вертикального снижения вертолета при отказе силовой установки

Исаев В.Ф.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Согласно статистике авиационных происшествий с вертолетами [1] проблема безопасного завершения полета при отказе силовой установки остается актуальной в настоящее время. Для того, чтобы сохранить воздушное судно и спасти экипаж, необходимо при касании земли иметь допустимую вертикальную скорость снижения, что возможно лишь при условии раскрученного несущего винта.

Результаты исследований [2] показывают, что для установившегося самовращения необходимо, чтобы сила R_A была перпендикулярна плоскости вращения. В этом случае должно иметь место определенное соотношение между углами атаки α , установки сечения лопасти φ и δ у — углом между подъемной силой сечения лопасти и силой R_A . В противном случае, при неустановившемся самовращении, возможно как ускоренное вращения несущего винта, так и замедленное, что приведет к потере его тяги.

В целях уменьшения вертикальной скорости снижения вертолета у земли летчики применяют «подрыв» несущего винта, резкое увеличение общего шага в целях кратковременного прироста тяги T за счет увеличения углов атаки профиля лопастей α . Эффективность подрыва несущего винта определяется разностью значений вертикальной скорости вертолета в момент начала его осуществления и при касании земли колесами шасси [3]. Однако не всегда данный способ управления вертолетом способствует заданному результату. При снижении вертолета с вертикальной скоростью, больше допустимой, несущий винт будет подвержен влиянию вихревого кольца, вследствие чего тяга T уменьшится.

Дальнейшие исследования автора направлены на моделирование снижения вертолета с учетом явления авторотации несущего винта. В момент отказа силовой установки крутящий момент $M_{кр}$, подводимый от ротора силовой установки, принимается равным нулю. Возникает угловое ускорение вращения лопастей ε , направленное на уменьшение частоты вращения несущего винта. Во избежание стремительной потери тяги T , и как следствие авиационного происшествия, экипаж должен уменьшить угол установки профиля лопастей несущего винта φ , вследствие чего сохранится частота вращения лопастей, насколько это позволяют условия эксплуатации и особенности конструкции вертолета, но уменьшится коэффициент подъемной силы профиля c_{ya} (и тяга T соответственно).

На основании проведенных исследований была разработана методика определения потребного шага несущего винта для вертикального снижения на режиме его установившегося самовращения и расчета параметров вертолета с течением времени. Такой способ снижения возможен при достижении равенства сил, спроецированных на ось вращения несущего винта, и равенства нулю проекции силы R_A , на плоскость вращения лопастей. После достижения потребных значений углов установки φ , рассчитанных с помощью PID-регулятора для заданной частоты вращения несущего винта, вертолет достигнет постоянной скорости снижения и к концу полета безопасно приземлится.

Список используемых источников:

1. Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции I Гагаринские чтения 2024. Исаев В.Ф.: Исследование влияния эксплуатационных факторов на режимы самовращения несущего винта вертолёта — 2024. с. 8.
2. Исследование влияния эксплуатационных факторов на режимы самовращения несущего винта вертолета / Сборник статей по материалам XI научно-практической конференции курсантов и слушателей «Молодежные чтения, посвященные памяти Ю. А. Гагарина» 14-16 мая 2024 г. – ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), 2024. – С. 349-354.
3. Исследование параметров вертикального снижения боевого вертолета при отказе силовой установки / Сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции в рамках IV Всероссийского форума с международным участием «Академические Жуковские чтения» 23-24 ноября 2024 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2024. – С. 554-560.

Исследование винглетов с изменяемым углом отклонения

Каучакова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лэй Р.А.

КНИТУ-КАИ, Казань

Винглеты – одна из разновидностей аэродинамических законцовок крыла, устанавливаются на самолеты с целью увеличения коэффициента подъемной силы, уменьшения индуктивного сопротивления и, как следствие, повышения топливной экономичности. Анализ аэродинамического сопротивления типичного транспортного самолета показывает, что индуктивное сопротивление может составлять до 40% от лобового сопротивления в крейсерских условиях и 80–90% – в условиях взлета и набора высоты. Поэтому снижение индуктивного сопротивления имеет первостепенное значение для повышения эффективности самолета. Заметим, что для классических винглетов аэродинамическая эффективность будет меняться в зависимости от режима полета. Анализ показывает, что не существует единой конфигурации винглета, которая могла бы обеспечить

оптимальное снижение индуктивного сопротивления на всех режимах полета. Использование же винглетов с изменяемым углом отклонения позволит сохранять оптимальными значения аэродинамической эффективности во время всего полета.

В данной работе проведен комплексный анализ винглетов с изменяемым углом отклонения. Проектное решение об использовании винглетов имеет ряд преимуществ и недостатков. С одной стороны, они позволяют уменьшить размах крыла при стоянке, уменьшить индуктивное сопротивление, сократить взлетную дистанцию, снизить уровень шума, количество выбросов в атмосферу, увеличить топливную эффективность и максимальную дальность полета, сэкономить топливо. С другой стороны, увеличивается масса крыла из-за добавочной массы винглета, поворотного устройства, элемента, обеспечивающего фиксацию винглета в определенном положении, силовой вставки вместе крепления, что требует увеличения жесткости всего крыла.

В первой части было исследовано влияние винглета с изменяемым углом наклона на аэродинамические характеристики крыла (коэффициент подъемной силы и коэффициент лобового сопротивления). Для этого было осуществлено моделирование процессов обтекания в Ansys Fluent, а также для промежуточных выводов было использовано экспресс-моделирование в программе Kompas Flow. На основе результатов проведения вычислительной газодинамической задачи построены поляры для крыла самолета Ил-96-300 с установленными винглетами различной конфигурации и без них при числах Маха $M=0,3$ и $M=0,8$ и различных углах атаки, определено аэродинамическое качество. На основе этих данных вычисляется изменение лобового сопротивления и, используя методы [1-2], проводится количественная оценка топливной эффективности установки винглета с изменяемым углом отклонения. По результатам расчетов для самолета Ил-96-300 относительное уменьшение необходимой на полет массы топлива составило 7,8%. Кроме того, после анализа построенных поляр были предложены рекомендации по настройке винглетов на различных этапах полета (разбег, взлет, набор высоты, крейсерский полет, снижение, посадка).

Во второй части была предложена концепция поворотного механизма, обеспечивающего заданное отклонение винглета, силовой вставки в районе узла поворота. Поворотный механизм представляет собой шарнирно-рычажный механизм, схожий с винтовым механизмом закрылков. Далее проведен расчет дополнительных изгибающих моментов у основания крыла, возникающих из-за установки винглета. Проведен прочностной расчет крыла Ил-96-300 в программе ANSYS Workbench, который показал, что увеличение изгибающих моментов вписывается в изначальный запас прочности, поэтому винглеты можно установить, не переделывая всё крыло, а только усилив концевую часть в районе узла поворота.

Таким образом, использование винглетов с изменяемым углом отклонения является перспективным направлением для повышения аэродинамического качества и топливной эффективности самолета. Однако для окончательного решения о внедрении данной технологии необходимо провести дополнительные исследования и испытания.

Список используемых источников:

1. Ярыгина М.В., Попов Ю.И. Формирование весовой формулы складного крыла // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2012. № 2. С. 8–12.
2. Попов Ю.И., Ярыгина М.В. Методика весового анализа складного крыла самолета палубного базирования [Электронный ресурс] // Труды МАИ. 2011. № 43. 23 с. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=24860> (дата обращения: 01.03.2022).

Оценка возможности взлета самолета с отказавшим двигателем

Коваль Д.К.

Научный руководитель — к.т.н. Макаров И.К.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Конструкция большинства современных самолетов включает в себя два двигателя. Это связано с обеспечением необходимой тяговооруженности и безопасности полета при отказе какого-либо из них. Отказ одного из двигателей приводит к появлению значительного

момента рыскания, развитию кренящего момента, вызванного появлением скольжения, а также существенной потери тяги.

Исследование взлета самолета с отказавшим двигателем в летных экспериментах не представляется возможным ввиду высокого риска потери воздушного судна и летного состава, поэтому актуальна разработка мероприятий по обеспечению взлета самолета с отказавшим двигателем.

Перечисленные особенности позволяют утверждать, что разработка мероприятий по обеспечению возможности взлета самолета с отказавшим двигателем необходима. Это и является целью работы. Для достижения цели работы была решена научная задача – разработка методики определения безопасных режимов эксплуатации самолета с отказавшим двигателем.

Логика разрабатываемой методики основана на выборе оптимального способа балансировки самолета с несимметричной тягой силовой установки. Был выбран способ, когда полет происходит без скольжения и крена. В этом случае имеет место несбалансированная боковая сила, созданная отклоненным рулем направления. Эта сила заставляет самолет искривлять траекторию в горизонтальной плоскости.

Так как скольжение отсутствует, то самолет сбалансирован в установившемся развороте под действием боковой перегрузки. Кроме того, в таком режиме полета происходит искривление траектории с угловой скоростью, а значит, появляется демпфирующий момент, направленный в сторону, противоположную моменту от работающего двигателя. Потребное для компенсации момента рыскания отклонение руля направления уменьшается, следовательно, данный способ балансировки более предпочтителен [1].

На основе продемонстрированной логики, была разработана методика определения безопасных режимов эксплуатации самолета с отказавшим двигателем.

В рамках реализации 1-го этапа методики, в качестве объекта исследования в работе определен маневренный самолет со взлетной массой 21 тонна, имеющий в составе два двигателя. Геометрические, аэродинамические характеристики ЛА были взяты из специальной литературы. Особенностью данного летательного аппарата является наличие адаптивной по отношению к углу атаки механизации крыла для обеспечения максимального аэродинамического качества.

При реализации 2 этапа методики, на основе программного комплекса Matlab&Simulink была разработана модель динамики полета самолета на режиме взлета, с возможностью отключения двигателя [2].

Основой модели являются уравнения сил и моментов, описывающие движение и вращение материальной точки в пространстве [3]. Контроль основных летных параметров самолета, а также управление режимом работы механизации и двигателями осуществляется в реальном времени с использованием специальных блоков.

Для реализации 3 этапа методики, с использованием разработанной аналитико-имитационной модели, был построен график зависимости располагаемого аэродинамического момента рыскания от угла атаки и скорости полета

Кроме линий располагаемых аэродинамических моментов, на графике представлена линия, характеризующая балансировочные углы атаки исследуемого самолета с взлетной массой 21 тонна, а также две линии, характеризующие величину разворачивающего момента от одного работающего двигателя с учетом различных режимов его работы.

Области возможной путевой балансировки самолета определяются границей между линиями обал и момента от работающего двигателя. Анализ графиков показал, что путевая балансировка самолета при работе двигателя на режиме минимальный форсаж возможна при скоростях более 270 км/ч, а на режиме полный форсаж – при скоростях более 350 км/ч. Несмотря на большой размер безопасной зоны соответствующей режиму работы двигателя минимальный форсаж, не стоит забывать, что этот режим менее благоприятен с точки зрения интенсивного разгона самолета.

Для решения задачи 4 этапа методики, был построен график зависимости его лобового сопротивления с максимальным отклонением рулей направления и механизацией во взлетном режиме для различных скоростей полета и углов атаки

Разгон исследуемого летательного аппарата с одним работающим двигателем на режиме минимальный форсаж возможен в очень узком диапазоне. Иная ситуация складывается при переходе на режим полный форсаж. В этом случае разгон самолета возможен в диапазоне 220...400 км/ч.

Для обоснования области безопасных режимов эксплуатации самолета на взлете с несимметричной тягой силовой установки при взлетной массе 21 тонна необходимо совместить заштрихованные области, представленных ранее графиков.

В рассматриваемом случае взлет с несимметричной тягой возможен только при работе двигателя на режиме полный форсаж, при этом безопасная область ограничена скоростями 350...400 км/ч и углом атаки 6-10°

Список используемых источников:

1. Д.В. Верещиков, Ю.О. Верещагин и др. Отчет по НИР Динамика движения самолета с несимметричной тягой силовой установки. Шифр «Контроль - 98». № гос. регистрации 1609351. ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) 2000 г.
2. Кувшинов В.М. Программный комплекс моделирования динамики ЛА с системой управления в среде MATLAB/Simulink // Труды Международной конференции «Тренажерные технологии и обучение» (Жуковский, 24-25 мая 2001). – Жуковский, 2001. – С. 91-99.
3. Айзерман М.А. Классическая механика. – М.: Наука, 1980. 368 с.

Формирование директорного сигнала на основе закономерностей действий летчика в задаче многоконтурного управления

Корзун Ф.А.

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

МАИ, Москва

Для выполнения требований безопасности полета, а также ее повышения, необходимо использовать средства автоматизации. Одно из таких – директорный прибор [1]. В настоящее время при формировании директорных приборов не учитываются особенности действий летчика в различных задачах управления, его особенности восприятия. В связи с этим было предложено провести исследование закономерностей действий летчика в задачах многоконтурного управления для учета этих закономерностей при формировании директорных сигналов. В работе рассматривается задача точного ручного управления. Проведена модификация существующего метода коэффициентов Фурье для задачи многоконтурного управления, и проведено полунатурное моделирование на пилотажном стенде МАИ НИЛ ПССЛ по выявлению закономерностей действий летчика в задаче точного управления высотой, при введении дополнительных обратных связей по вертикальной скорости и/или углу тангажа. Проведена модификация структурной математической модели системы самолет-летчик для задачи многоконтурного управления [2]. Произведена валидация математической модели по результатам полунатурного моделирования и подтверждена адекватность полученных результатов. Полученные закономерности действий летчика в задаче многоконтурного управления были использованы при модификации математической модели для задачи директорного управления. В ходе математического моделирования были получены коэффициенты усиления в обратных связях, которые используются для формирования закона движения директорной метки при проведении экспериментальных исследований на пилотажном стенде. Результаты полунатурного моделирования подтвердили результаты математического моделирования и показали, что формирование директорного сигнала с использованием математических моделей летчика позволяет повысить точность пилотирования.

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.

Оценка эффективности различных способов подавления явления раскачки самолета летчиком

Крыласов Л.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ефремов Е.В.

МАИ, Москва

Настоящая работа посвящена повышению безопасности пилотирования путем применения различных средств подавления явления раскачки самолета летчиком. В качестве объекта исследования использовалась математическая модель самолета Ту-204. В качестве средств подавления явления раскачки использовался традиционный префильтр [1], динамическая регулировка жесткости рычага управления по сигналам обратных связей [2], а также их совместный вариант. В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1. Проанализированы причины возникновения раскачки, методы её оценки, а также способы подавления;
2. Выполнен синтез системы управления для обеспечения объекту управления первого управления пилотажных характеристик;
3. Разработана программа проведения экспериментов;
4. Проведены серии экспериментов на пилотажном стенде и выполнен анализ результатов.

В ходе работы моделировалась задача компенсаторного слежения угла тангажа, было проведено 4 серии экспериментов на пилотажном стенде МАИ. К работе были привлечены три опытных оператора. По результатам каждой серии проводилось дальнейшее осреднение результатов. Исследовались следующие характеристики: дисперсия сигнала ошибки, резонансный пик ЛАЧХ замкнутой системы самолет-летчик [3] и временные процессы потребной скорости отклонения рулевых поверхностей.

В первых двух сериях экспериментов установлено, что совместное использование префильтра и динамической регулировки жесткости ручки управления повышает точность управления в 1,4 раза по сравнению с отсутствием средств подавления. В третьей и четвертой сериях экспериментов все методы подавления раскачки показали приблизительно одинаковую эффективность.

Таким образом была выявлена и показана эффективность совместного использования двух средств для подавления раскачки при любой её категории.

Список используемых источников:

1. Захаров К.В., Потапова Т.С., Ткаченко О.И. Расчетный метод анализа продольной раскачки самолета летчиком // Журнал «Техника воздушного флота». – 1999. – №6. – с. 15 – 20.
2. Ефремов А.В., Ефремов Е.В. Подавление явления раскачки самолета летчиком различных категорий путем использования средств автоматизации // Авиационная техника. Известия вузов. – 2024. – №1. – с 30 – 38.
3. А.В. Ефремов [и др.] Летчик как динамическая система. – Москва: Машиностроение, 1992. – 343 с.

Подавление перекрестных связей между каналами управления самолетом с помощью регуляторов, построенных методами модельного предиктивного управления

Лебедев А.К.

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

МАИ, Москва

Безопасность полета самолета является одним из ключевых требований, которые предъявляют к авиационной технике. Большая часть авиационных происшествий происходит по вине летного экипажа при управлении самолетом в ручном режиме. Одной из возможных причин происшествий может являться неконтролируемое изменение фазовых координат самолета из-за перекрестных связей. Так, например, из-за изменения угла крена, возникает развитие угла скольжения, которое вызывает изменение аэродинамических

характеристик, уменьшение эффективности работы двигателя, дискомфорт экипажа. Поэтому, во избежание приведенных выше факторов, необходимо вводить регуляторы, устраняющие реакцию самолета по углу скольжения при управлении в канале крена.

Целью работы является повышение безопасности полета самолета за счет введения в контур ручного управления регуляторов, позволяющих подавить явления перекрестных связей. В качестве методов подавления в настоящей работе рассмотрены три подхода: автомат перекрестных связей [1], регулятор, построенный методом обратной динамики [2], и регулятор, построенный методом модельного предиктивного управления [3].

Были проведены исследования путем математического моделирования системы самолет–летчик с различными вариантами автоматизации контура ручного управления. В качестве объекта управления рассматривался дальнемагистральный пассажирский самолет-прототип Boeing 747. Оценивалась реакция объекта управления на управляющее воздействие в канале крена. Результаты математического моделирования показали, что все рассмотренные подходы позволяют устранить явление перекрестных связей. При этом регулятор, полученный методом модельного предиктивного управления, позволяет добиться минимальной реакции самолета по углу скольжения при управляющем воздействии в канале крена.

Список используемых источников:

1. Гуськов Ю.П., Загайнов Г.И., Управления полетом самолета. Москва: Издательство «Машиностроение».
2. A.V. Efremov, E.V. Efremov, M.S. Tiaglik, I. Kh. Irgaleev, A.I. Shcherbakov, Z. Mbikayi, Adaptive flight control system for flight safety improvement in reentry and other high-velocity vehicles // *Acta Astronautica*, 2023. – Vol. 204. – March 2023. – pp. 900-911.
3. Alberto Bemporad, N. Lawrence Ricker, Manfred Morari, «Model Predictive Control Toolbox. User's Guide», The MathWorks, Inc.

Разработка стенда для исследования аэродинамических характеристик отсека лопасти несущего винта с управлением по второй гармонике

Пискунов Е.В.

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

КНИТУ-КАИ, Казань

Несущие винты вертолетов при высоких скоростях полета подвержены влиянию негативных эффектов. Среди них: работа лопастей в несимметричном потоке, наличие зоны обратного обтекания, высокие концевые числа Маха. Лопасть вертолета на режиме косого обтекания совершает маховые движения, которые влияют на местные углы атаки и скорости притекания. При достижении критических местных углов атаки может возникнуть явление, которое называется динамический срыв. В условиях динамического срыва обтекание профиля существенно отличается от стационарного режима, что приводит к изменению аэродинамических характеристик. Влияние динамического срыва необходимо учитывать при проектировании лопастей несущего винта и определении балансировочных значений общего и циклического шага [1].

Из литературы известен ряд экспериментальных работ по динамическому срыву, где в качестве объекта рассматривается аэродинамический профиль [2-3]. Однако в данных работах управление углом атаки осуществлялось по гармоническому синусоидальному закону. Во время полета вертолета лопасть совершает сложное пространственное движение. В настоящей работе проводится разработка экспериментального стенда, позволяющего осуществить управление углом установки профиля по гармоническому закону с учетом второй гармонике. Результаты исследования позволят оценить влияние управления по второй гармонике на аэродинамические характеристики осциллирующего профиля.

Разрабатываемый стенд предназначен для проведения испытаний в аэродинамической трубе малых скоростей Т-3К, КНИТУ-КАИ. Конструкция стенда имеет следующие основные элементы: силовая рама, электродвигатель, расположенный на траверсе, планетарный мультипликатор с передаточным числом $U=2$, систему поводков, отсек

лопасти. Первая гармоника обеспечивается вращением сателлита по эпициклу и последующими колебаниями поводка. Вторая гармоника создается за счет эксцентриситета на сателлите мультипликатора. Амплитуда второй гармоники регулируется величиной эксцентриситета. Углы отклонения лопасти регулируются изменением расстояния между осью вала электродвигателя и осью вращения лопасти. Определение аэродинамических сил осуществляется с помощью тензодинамометров. Для вращения применяется асинхронный электродвигатель.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации тема 123030100016-5 FZSU – 2023 – 0005.

Список используемых источников:

1. Гарипова Л.И., Батраков А.С., Кусюмов А.Н. Учет динамических условий обтекания профиля при решении задачи определения балансировочных углов несущего винта вертолета // Труды МАИ. 2017. № 95. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84439>.

2. Динамический срыв потока с тонкого профиля и срыв у передней кромки колеблющегося крыла при малых числах Рейнольдса / А. Вань, Ч. Фань, Я. У, Я. Юй // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2019. – № 5. – С. 102-116. – DOI 10.1134/S0568528119040121.

3. A. Marino, A. Visingardi, N. Paletta, G. Esposito, V. Quaranta, L. Flamini, D. Sagaria, R. Pasta. “Design and manufacturing of a pitch-oscillating system for helicopter rotor blade dynamic stall testing” on AIDAA 2015, 23rd Conference of the Italian Association of Aeronautics and Astronautics, 2015.

Оценка эффективности органов непосредственного управления подъемной силой гражданского самолета при неточном знании математической модели объекта управления

Семенова Д.О.

Научный руководитель — к.т.н. Ефремов Е.В.

МАИ, Москва

Главным приоритетом при создании авиационной техники является повышение эффективности ее применения при заданном уровне безопасности. К безопасности полета гражданской авиации предъявляются серьезные требования. Согласно допустимым нормам, вероятность аварийной ситуации должна составлять не более 10-9. Одним из путей уменьшения вероятности аварийной ситуации является автоматизация контура ручного управления.

Настоящая работа содержит предложение по использованию нетрадиционных способов подавления негативных эффектов от атмосферных возмущений – использование органов непосредственного управления подъемной силой (ОНУПС) [1], которые позволяют реализовать альтернативные формы движения, получивших в практике ограниченное применение.

Реализованная форма движения предполагает управление высотой при постоянном угле тангажа за счет изменения угла атаки, что позволяет снизить порядок астатизма за счет сведения задачи стабилизации высоты к одноконтурной, увеличивая точность управления высотой в 8 раз [2].

В настоящей работе была выполнена оценка работоспособности системы с учетом неточного знания аэродинамических характеристик самолета-прототипа. Изменение этих характеристик привело к усложнению задачи точного пилотирования, что в свою очередь привело к росту дисперсии сигнала ошибки на 35%.

Для подавления негативных последствий от неточного знания математической модели объекта при синтезе параметров системы управления были введены интегральные законы в тракт управления. Это позволило практически восстановить желаемую форму движения и приблизить точность пилотирования к случаю точного знания аэродинамических коэффициентов.

Список используемых источников:

1. Ефремов А.В., Тяглик М.С., Иргалеев И.Х., Ефремов Е.В., Интеграция системы управления и прогнозного дисплея для повышения безопасности пилотирования современного высокоавтоматизированного самолета // Общероссийский научно-технический журнал «ПОЛЕТ». – 2017, №9. – 10. – с 49-55.

2. Семенова Д.О., Ефремов Е.В., Оценка эффективности органов непосредственного управления подъемной силы гражданского самолета при атмосферных возмущениях // 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика», МАИ, 18-22 ноября 2024 года.

Выбор параметров аэродинамической компоновки лопастей винтов пассажирского конвертоплана

Смирнов М.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Макеев П.В.

МАИ, Москва

Конвертоплан – летательный аппарат (ЛА) вертикального взлета и посадки с поворотными винтами, которые на взлете, висении, и при посадке работают как подъемные несущие винты (НВ), а в горизонтальном полете как тянущие воздушные винты (ВВ) – пропеллеры. При этом винты конвертопланов обеспечивают компромиссные характеристики между классическими ВВ и НВ. В крейсерском полете подъемную силу конвертоплана обеспечивает крыло самолетного типа. На крейсерском режиме конвертоплан, по сравнению с вертолетом схожей взлетной массы, способен обеспечивать большие дальность и скорость полета. Также за счет использования крыла и пропульсивных винтов конвертоплан, в сравнении с классическими вертолетами, в крейсерском режиме отличается большими высотными характеристиками и экономичностью.

На текущий момент лишь один тип ЛА данной схемы производится серийно и эксплуатируется рядом стран: военно-транспортный конвертоплан Bell V-22 Osprey. Несколько конвертопланов данного типа проходят испытания: Bell V-280 Valor и Leonardo AW-609. Из упомянутых конвертопланов гражданским является только AW-609. Потребность в ЛА данного типа, совмещающих основные преимущества вертолетов и самолетов существует, что подтверждается большим числом предварительных заказов, и увеличится в будущем. В России из-за больших расстояний между населенными пунктами и малого количества крупных аэродромов, конвертоплан может быть особенно востребован.

Одним из наиболее сложных и инженерно-технической и научной точки зрения агрегатов конвертоплана является несущее-тянущий поворотный винт. В большой степени это касается его аэродинамики. Такой винт должен обеспечивать высокий КПД как при полете на крейсерском режиме в качестве ВВ, так и на режимах взлета и висения в качестве НВ. Достичь оптимальных характеристик в обоих режимах сложно, так как требуемые параметры нагрузки на омегаемую поверхность, крутки лопастей, заполнения и диаметра винта в режимах висения и горизонтального полета конвертоплана существенно отличаются.

Для определения приемлемых параметров НВ проекта гражданского пассажирского конвертоплана с взлетной массой 7000-8000 кг в представленной работе на первом этапе проведен анализ существующих прототипов. На втором этапе с целью уточнения требуемых параметров аэродинамической компоновки выполнены параметрические исследования аэродинамических характеристик винта на основе численного моделирования. Использован программный пакет на базе лопастной вихревой теории винта, разработанный на кафедре 102 «Проектирование вертолетов» МАИ. Параметрические исследования выполнены для режимов висения при $H=0$ и полета со скоростью 500 км/ч на высоте $H=5000$ метров. Получены и проанализированы поляры винтов с различной геометрией лопасти и различными значениями крутки при неизменном радиусе и заполнении. Выбраны параметры винта, обеспечивающие наилучшие характеристики на обоих рассмотренных режимах полета.

Список используемых источников:

1. XV-15 Tiltrotor CFD Case Study [Электронный ресурс] URL: <https://www.flexcompute.com/blog/2022/01/18/XV-15-tiltrotor-CFD-case-study/>.

2. Методическое пособие к курсовой работе «Аэродинамический расчет вертолета» Часть 1 г. Москва, МАИ, 2007 г.

3. Wayne Johnson, Benton H. Lau, and Jeffrey V. Bowles «Calculated Performance, Stability, and Maneuverability of High Speed Tilting-Prop-Rotor Aircraft», NASA, 1986. NASA-TM-88349. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19870008262/downloads/19870008262.pdf>.

4. Игнаткин Ю.М., Макеев П.В., Шомов А.И. Программный комплекс для расчета аэродинамических характеристик несущих и рулевых винтов вертолетов на базе нелинейной лопастной вихревой теории. // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 38.

Имитационная модель динамики спуска спутника с надувным тормозным устройством

Халявка Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Просунцов П.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

С каждым годом большую актуальность обретает проблема заполнения космического пространства мусором, состоящим из отработавших спутников и их обломков. Количество спутников на орбите стремительно растет, один из ключевых факторов роста – широкое распространение наноспутников и спутников формата CubeSat. По данным сайта Nanosats Database, текущее число космических аппаратов малых размеров на орбите превышает 4400, среди них 2505 спутников формата CubeSat, еще 1900 будет запущено в ближайшие 5 лет [1].

Одним из перспективных методов очистки космического пространства от спутников, выведенных из эксплуатации, является использование надувных тормозных устройств (НТУ), которые предназначены для увеличения аэродинамического сопротивления спутника с целью ускорения его схода с орбиты. Согласно современным стандартам, время пассивного баллистического пребывания должно составлять не более 25 лет [2].

Для определения траектории и скорости спуска спутника с НТУ с орбиты под действием внешних аэродинамических и гравитационных сил проводился анализ динамики его движения. Имитационная модель спутника с НТУ, учитывающая размер и форму надувной оболочки, а также массу спускаемого КА была построена в программной среде MATLAB Simulink.

В качестве объекта исследования выбран спутник CubeSat формата 1U, массой 1,3 кг. С ним жестко связан модуль НТУ, который также имеет размер 1U. Для торможения спутника используется надувная оболочка сферической формы диаметром 1,5 м, изготовленная из полиэтилентерефталатной пленки толщиной 12 мкм. Рассматривается вариант спуска аппарата с орбиты высотой 500 км до высоты 100 км, на которой происходит его разрушение.

Математическая модель задачи динамики движения спутника при спуске с орбиты включает в себя уравнения пространственного движения, представленные в сферически-скоростной системе координат, а также уравнения движения связки «спутник-НТУ» вокруг центра масс [3]. Коэффициенты аэродинамических сил и моментов при этом считались зависящими от угла атаки, высоты и скорости полета и определялись на основе моделирования обтекания связки свободномолекулярным потоком в пакете программ OpenFoam.

В результате проведенного моделирования расчета дана оценка эффективности применяемой схемы НТУ и получены данные по ожидаемому времени спуска спутника с орбиты.

Список используемых источников:

1. Nanosats Database | Constellations, companies, technologies and more. URL: <https://www.nanosats.eu>. (дата обращения: 25.02.2025).

2. ГОСТ Р 52925-2008. Изделия космической техники. Общие требования к космическим средствам по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства. – М.: Стандартинформ, 2008.

3. Механика оптимального пространственного движения летательных аппаратов в атмосфере / Шкадов Л.М., Буханова Р.С., Илларионов В.Ф., Плохих В.П. – М.: «Машиностроение», 1972. 244 с.

Секция №1.2 Проектирование, конструирование и технология производства ЛА

Влияние компоновочных решений на устойчивость и управляемость летательного аппарата

Абрамов Я.С.

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

МАИ, Москва

Динамические свойства летательного аппарата состоят из большого количества самых разнообразных понятий и явлений, каждое из которых необходимо рассматривать при проектировании самолёта. Компоновка летательного аппарата во многом влияет на лётные и аэродинамические характеристики.

В данной работе представлены результаты исследования влияния компоновки вертикального оперения на устойчивость движения самолёта и его управляемость в путевом канале. Моделирование обтекания различных вариантов компоновочных решений проводилось в программном обеспечении ANSYS в модуле CFX [1].

Очевидно, что для каждого летательного аппарата должно выполняться условие обеспечения как можно более простого и комфортного управления. Это подразумевает хорошую устойчивость и управляемость самолёта, которая в свою очередь обеспечивается правильным выбором проектных параметров и компоновкой.

Говоря о путевой устойчивости самолёта необходимо заметить, что она определяется разностью стабилизирующего и дестабилизирующего момента (от фюзеляжа и горизонтальных аэродинамических поверхностей). Таким образом, для повышения путевой устойчивости необходимо или увеличить стабилизирующий момент, что повлечёт за собой увеличение вертикального оперения, а значит и массы самолёта или уменьшить дестабилизирующий момент, что достигается за счёт новых компоновочных решений.

При условии достаточности путевой устойчивости в горизонтальном полёте, невозможно гарантировать необходимую путевую устойчивость при наличии положительного угла атаки самолёта, так как при выходе летательного аппарата на большие углы атаки, киль самолёта затеняется фюзеляжем и крылом, что снижает стабилизирующий момент.

Решением данной проблемы являются компоновочные мероприятия, при которых часть площади килля перераспределяется между килем и подфюзеляжными гребнями, расположенными в передней или задней части фюзеляжа, вдали от центра масс [2, 3]. Данное компоновочное решение хорошо показывает себя и в весовом аспекте конструкции. Так, при модификации тяжёлого сверхзвукового маломаневренного истребителя, двухкилевое вертикальное оперение было заменено на один киль и два подфюзеляжных гребня увеличенной площади – это привело к увеличению путевой устойчивости на углах атаки больше 10 градусов на 30% и привело к снижению массы конструкции на 10%.

Замена двух килей – одним, упрощает систему управления и конструкцию килля, что также положительно влияет на массу гидравлической системы.

Однако при замене двух килей одним – изменяется площадь рулей направления. Это необходимо нивелировать введением цельноповоротных гребней, имеющих большую эффективность, по сравнению с рулями направления.

Результаты исследования показывают, что применение компоновки с одним килем и двумя подфюзеляжными гребнями повышает критический угол атаки самолёта, увеличивает путевую устойчивость и управляемость летательного аппарата. Также данное решение приводит к снижению веса планера и системы управления самолёта.

Список используемых источников:

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

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

2. Абрамов, Я. С. Влияние конструктивно-силовой схемы и материала агрегата на обеспечение прочности при условии минимума массы / Я. С. Абрамов, С. А. Серебрянский // Авиация и космонавтика : Тезисы 22-ой Международной конференции, Москва, 20–24 ноября 2023 года. – Москва: Издательство "Перо", 2023. – С. 6. – EDN LJWQCZ.

3. Абрамов, Я. С. подход к обеспечению эксплуатационной технологичности подвижных соединений / Я. С. Абрамов, С. А. Серебрянский // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации, Москва, 18–19 мая 2023 года.

Применение композиционных материалов в авиационных конструкциях

Алексеев А.С., Боронин И.Д., Мартыанов Д.В.

МАИ, Москва

В последнее время в авиационных конструкциях получили распространение композиционные материалы, имеющие ряд достоинств по сравнению с классическими металлическими материалами, например, более низкая плотность композиционного материала при равных или более высоких прочностных характеристиках металлического материала. Композиционные материалы так же применяются и в местах конструкции, не испытывающих значительные нагрузки, но требующие сложной геометрии, которую сложно получить из металлических материалов, например, законцовка консоли крыла, зализ «крыло-фюзеляж».

Как правило, композиционные материалы применяют в конструкции крыла, стабилизатора, киля и радиопрозрачного носового обтекателя РЛС самолёта. В данных конструкциях используются композитами на основе углеродных и стеклянных волокон. Углепластики отличаются высокой усталостной прочностью, сравнимой с усталостной прочностью титана, применяются в сильно- и средненагруженных конструкциях. Стеклопластики отличаются радиопрозрачностью и применяются в носовых обтекателях РЛС.

Наряду с достоинствами композиционные материалы обладают рядом недостатков, которые усложняют их применение. К данным недостаткам относится, прежде всего, анизотропия свойств, которую необходимо учитывать при определении схемы нагружения конструкции. Композиционные материалы сравнительно недавно стали широко применяться в авиационных конструкциях, и как следствие, отсутствует опыт по применению композитов. Ещё одним недостатком композиционных материалов является то, что композит не может существовать в отрыве от конструкции, а это означает, что работа с композитами требует навыков конструктора, материаловеда и технолога одновременно. До недавнего времени изделия из композитов плохо поддавались ремонту, но в настоящее время существуют методики, позволяющие ремонтировать изделие, а не полностью заменять его, что позволяет уменьшить затраты на обслуживание конструкции в течении срока эксплуатации изделия.

Для систематизации достижений в области композиционных материалов нами были подобраны статьи по применению данных материалов и был сделан вывод, что их применение позволяет уменьшить массу самолёта на 30-40%, а также повысить аэродинамическое качество за счёт достижения высокого удлинения крыла.

Список используемых источников:

1. Нестеренко Р.А., Магдин А.Г., Кудрявцев Д.В., Жанзакова Д.К. Применение композиционных материалов при проектировании носовых обтекателей лета тельных аппаратов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 2. – С. 13-20.

2. Кретов А.С., Тиняков Д.В., Шатаев П.А. Концептуальная оценка топливной эффективности пассажирских самолетов с переходом на композитные крылья // Научный Вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 2. С. 72–90.

3. Соломонов, Д.Г., Нихамкин М.Ш., Торопицина А.В. Выбор конструктивно-подобных элементов для испытаний на усталость авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 69. – С. 62–70.

4. Савин С.П. Применение современных полимерных композиционных материалов в конструкции планера самолетов семейства МС-21 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – № 4. – С. 686–693.

Анализ рынка беспилотных и пилотируемых электрических и гибридных конвертопланов с неподвижным крылом (eVTOL)

Бабченко Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шапиро Н.С.

МАИ, Москва

Разработка электрических и гибридных конвертопланов (eVTOL) набирает значительные обороты за рубежом и является важным этапом как для развития гражданской транспортной инфраструктуры, так и для модернизации войсковых средств вооружения; такие летательные аппараты представлены как в сфере аэротакси, так и среди грузовых и военных дронов. Однако это направление является малоизученным, и производители авиационной техники затрудняются ответить на вопрос: в каких сферах применения летательный аппарат, построенный по такой схеме, будет выгоднее по летно-техническим характеристикам, чем традиционные схемы в виде классического вертолета или самолета.

В результате исследования была получена классификация существующих решений в сфере eVTOL с неподвижным крылом, автор приводит сравнение различных схем и характеризует область их применения. В ходе исследования также были построены графические зависимости таких важных характеристик, как масса коммерческой нагрузки от максимальной дальности, максимальная взлетная масса (MTOM) от максимальной дальности, MTOM от массы коммерческой нагрузки и относительная масса коммерческой нагрузки от максимальной дальности. Для более полной картины области существования eVTOL на последние две графические зависимости также были нанесены данные по вертолетам и самолетам с поршневыми двигателями с тем же диапазоном массы коммерческой нагрузки.

По результатам исследования были рассмотрены около 600 существующих проектов и выделены более 30 «живых» и развивающихся. Полученные на их основании классификация и характеристики будут крайне полезны производителям авиационной техники, особенно на этапе выбора конструктивной схемы будущего летательного аппарата.

Список используемых источников:

1. «The Electric VTOL News. Archer Aviation Midnight (production aircraft)». Vertical Flight Society's website. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.evtol.news/archer/> (дата обращения: 15.01.2025).

2. Archer Aviation's website. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archer.com/> (дата обращения: 15.01.2025).

3. «The Electric VTOL News. Joby Aviation S4 (production prototype)». Vertical Flight Society's website. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.evtol.news/joby-aviation-s4-production-prototype/> (дата обращения: 15.01.2025).

4. Joby Aviation's website. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jobyaviation.com/> (дата обращения: 15.01.2025).

Конструктивные решения по повышению безопасности самолета

Sukhoi Superjet 100 при посадке

Болонкин С.А., Аубакиров М.М.

Научный руководитель — Ульянова Н.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

Для начала, нам стоит познакомиться с таким самолетом, как SSJ-100. Sukhoi Superjet 100 — российский узкофюзеляжный ближнемагистральный пассажирский самолёт, предназначенный для перевозки от 87 до 108 пассажиров. Самолет разработан по классической аэродинамической схеме, с двумя двигателями Sam 146, разработано совместно с Россией и Францией.

С начала эксплуатации самолета и по сей день, наблюдается рост числа происшествий, связанных с системой шасси. Первый случай с поломкой шасси был зафиксирован в 2018 году в г. Якутске. При посадке самолет выкатился за пределы ВПП из-за поломки основной стойки шасси. Далее в 2019 году в Аэропорту Шереметьево в г. Москва при «козлении» основная стойка шасси пробила топливный бак, что привело к пожару и в дальнейшем полному сожжению самолета. Последняя катастрофа, которая схожа с другими происшествиями произошла в г. Анталя в 2024 году, пилот самолета совершил грубую посадку, основная стойка шасси вновь пробила топливные баки, в следствии чего летательный аппарат полностью сгорел.

В предыдущем абзаце был использован такой термин как «козление» Данный термин обозначает подпрыгивание самолёта на взлётно-посадочной полосе после касания шасси при посадке. Это возникает чаще всего вследствие ошибки пилотирования, иногда из-за конструктивных особенностей летательного аппарата. По статистике 2-5% всех авиационных происшествий в мире происходят из-за козления, но у других летательных аппаратов это не приводит к серьезным последствиям, в отличии от SSJ-100, у которого большая вероятность этого происшествия- пробитие топливных баков основной стойкой шасси. Для решения данной проблемы мы предлагаем несколько вариантов действий.

Первый способ — усилить конструкцию топливных баков в местах непосредственной близости к основной опоре шасси, путем использования других сплавов с добавлением бериллия, с той же плотностью, но с улучшенными прочностными характеристиками, не влияющими на массу.

Второй способ — полное изменение системы амортизации шасси, т. е. использование иных амортизаторов, которые способны поглощать большие нагрузки при приземлении.

Третий способ — смещение топливных баков от наиболее уязвимых мест, во избежание повреждения топливного бака, что в последствии может привести к возгоранию всего самолета.

Подводя итоги, можно сказать, что все вышеперечисленные методы могут значительно повысить безопасность эксплуатации SSJ-100 и снизить риски возникновения катастрофических последствий в будущем. Так же эти методы можно использовать и для SSJ-100 New, который находится на стадии испытаний и доработок. Устранение данных недостатков не только улучшит надежность и безопасность самолета, но и повысит его рейтинг доверия пассажиров и авиакомпаний к российскому авиастроению в целом.

Список используемых источников:

1. Егер, С. М. Тормозные устройства летательных аппаратов // С. М. Егер. М.: Машиностроение, 1986. 272 с.
2. Васильев, А. Н. Безопасность полетов: инженерно-авиационное обеспечение // А. Н. Васильев, В. И. Козловский. М.: Транспорт, 1989. 240 с.
3. Дмитриев, В. И. Аэродинамика самолета //В. И. Дмитриев. М.: Машиностроение, 1991. 544 с.

Поиск возможных вариантов кинематических схем перспективного гибочно-растяжного пресса ПГР-х с минимизацией изменения длины профиля при изгибе

Гаврин И.В., Самосудова Е.И.

Научный руководитель — Кирюхина Е.А.

УлГТУ ИАТУ, Ульяновск

В современных производственных линиях отечественных авиационных заводов для выполнения операций по гибке профилей с растяжением применяются как отечественные прессы, такие как ПГР-6 и ПГР-7М, преимущественно в ручном режиме, так и импортные модели с числовым программным управлением (ЧПУ), включая гибочно-растяжные прессы FEV-20 и V-80MT, а также программное обеспечение зарубежных производителей.

Для изготовления деталей используется специализированная оснастка — обтяжные пуансоны, которые позволяют формовать профильные элементы длиной до 12 500 миллиметров из алюминиевых сплавов толщиной до 8 миллиметров и титановых сплавов толщиной до 2 миллиметров.

Оптимизация конструкции гибочного станка V-80MT для минимизации сжатия заготовок

На зарубежных прессах типа V-80MT при изгибе заготовки длиной 6080 миллиметров фиксируется значительное сжатие, превышающее 1 метр. Следует отметить, что конструкция станка V-80MT не обеспечивает достаточного растяжения длинномерных деталей, так как полный ход штока цилиндра не превышает 1 метра. В результате возникает необходимость в пережатии заготовки из-за ограниченного хода цилиндра, что удлиняет производственный процесс.

Для повышения технологических возможностей (возможности обработки длинномерных деталей, производительность, качество, снижение пружинения) требуется разработка конструкции станка, исключающей сжатие заготовки на всех углах поворота. Это может быть достигнуто за счет смещения оси гибочного рычага, что позволит минимизировать изменение длины заготовки без перемещения штока растяжного гидроцилиндра. Ожидается, что новое положение обеспечит увеличение или сохранение первоначальной длины заготовки по всем основным геометрическим параметрам, включая длину внешней, средней и внутренней линий.

Для сравнительного анализа был взят профиль длиной 6080 миллиметров и пуансон постоянного радиуса кривизны. Проведен графический анализ различных положений центра вращения гибочного рычага. Сравнивалось изменение длины средней линии профиля на различных углах поворота гибочного рычага. Доказано, что при изменении положения вращения гибочного рычага можно минимизировать сжатие заготовки при гибке без движения штока, тем самым сделав ход штока цилиндра достаточным.

Однако графический метод изменения положения оси не обеспечивает точных координат, поскольку он основывается на конкретных параметрах пуансона и заготовки. Кроме того, визуализация является условной, так как при гибке происходит плотное прилегание профиля по дуге к пуансону, тогда как форма заготовки в данном случае создавалась автоматически в CAD-системе.

Для решения данной задачи анализируется «идеальный» процесс постепенного огибания пуансона профилем без изменения длины его средней линии. Таким образом определяется «идеальная кривая», при которой процент сжатия заготовки равен нулю. Рассматривается случай, при котором происходит изменение геометрии заготовки с увеличением угла к оси её изначального положения. Это предполагает постепенное прилегание профиля к пуансону без фиксирования в цапгах гидроцилиндра.

Для определения кривой, по которой будет двигаться свободный край пуансона, или же движение зажимных цапг, необходимо проанализировать изменение координат конечной свободной точки профиля и выявить зависимости координат от заданного угла.

Выявлены формулы для определения координат точек траектории конца заготовки от заданных и заведомо известных параметров: длина профиля, угол поворота оси гибочного рычага, радиус пуансона.

Выявлены формулы для нахождения координат центра поворота гибочного рычага без сжатия заготовки; с ее растяжением. Проанализированы конкретные примеры. Определена оптимальная средняя точка центра для данных примеров.

Данный способ позволяет определить координаты единого оптимального центра вращения гибочного рычага на гибочно-растяжных прессах для изготовления множества профилей различной длины и кривизны в зависимости от варианта итогового результата: сжатый, растянутый, с неизменной длиной.

Список используемых источников:

1. Кирюхина, Е. А. Обзор гибочно-растяжного оборудования в России для применения в самолетостроении / Е. А. Кирюхина, В. А. Марковцев // *Авиационная промышленность*. – 2024. – № 1. – С. 46-52. – EDN QCFTCJ.

2. Кирюхина, Е. А. Варианты кинематических схем станков гибочно-растяжных прессов (ПГР) / Е. А. Кирюхина, В. А. Марковцев // *Авиационная промышленность*. – 2024. – № 2. – С. 42-50. – EDN AIMRCI.

Разработка блока влагоотделения системы кондиционирования воздуха дальнемагистрального широкофюзеляжного самолета

Гудков М.К.

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

МАИ, Москва

Целью работы является проектирование нового агрегата системы кондиционирования воздуха (СКВ), который представляет собой блок влагоотделения, конструктивно состоящий из теплообменника-конденсатора и влагоотделителя высокого давления.

В современных условиях Россия нуждается в развитии собственного парка дальнемагистральных широкофюзеляжных самолетов. В связи с ограниченным доступом к зарубежным авиалайнерам и их комплектующим, необходимо развивать отечественное авиастроение. Актуальной проблемой является ускоренная разработка и производство современных воздушных судов, способных заменить иностранные аналоги.

СКВ играет важную роль в обеспечении комфортных условий для экипажа и пассажиров, а также поддерживает необходимые параметры воздуха: давление, температуру, влажность и газовый состав в салоне, к тому же участвует в охлаждении критически важного оборудования. Разработка современных агрегатов для СКВ направлена на повышение энергоэффективности, снижение массы и улучшение эксплуатационных характеристик воздушного судна.

Автором была разработана принципиальная схема СКВ с применением 4-колесного турбохолодильника с влагоотделением на линии высокого давления. В этой линии был спроектирован блок влагоотделения, состоящий из теплообменника-конденсатора и влагоотделителя.

На стадии проектирования были определены параметры оребрения, эффективность и гидравлический расчет теплообменника-конденсатора.

Поверочный расчет модели теплообменника-конденсатора был осуществлен с помощью программного комплекса FloEFD. Были получены поля распределения температур и давлений в сечении теплообменника-конденсатора по горячей и холодной линии.

Следующим этапом проектирования был расчет влагоотделителя. Состоящий из анализа различных вариантов конфигурации завихрителя, выбора оптимального и определения общего вида его конструкции. В поверочном расчете были проведены продувочные испытания модели в программном комплексе FloEFD, где была доказана высокая эффективность данного агрегата.

Список используемых источников:

1. Под ред. Ю.М. Шустрова и др. – «Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха» М.: Машиностроение, 2006.
2. Г.И. Воронин – «Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования» М.: Машиностроение, 1978.
3. Г.И. Воронин, М.И. Верба – «Кондиционирование воздуха на летательных аппаратах» М.: Машиностроение, 1965.
4. А.В. Чичиндаев – «Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках», 2012.
5. Л.Т. Быков, В.С. Ивлентиев, В.И. Кузнецов – «Высотное оборудование пассажирских самолетов» М.: Машиностроение, 1972.
6. Под ред. А.М. Матвеевко и др. – «Системы оборудования летательных аппаратов» М.: Машиностроение, 2005.

Аналогия рулевой поверхности самолета и пера птицы

Исаева С.А.

Научный руководитель — к.т.н. Павлов В.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

Перо птицы и рулевая поверхность самолета — на первый взгляд, эти два объекта могут показаться совершенно разными, принадлежащими к разным «царствам» — природе и технике. Однако при более глубоком рассмотрении можно обнаружить интересные сходства в их строении и функциональности. Оба этих элемента играют ключевую роль в обеспечении устойчивости и маневренности объекта, к которому они принадлежат: перо — в поддержании полета птицы, а руль — в устойчивости и управляемости самолета. Сравнение этих природных и технических структур позволяет не только лучше понять принципы их работы, но и выявить параллели между биологией и инженерией, демонстрируя, как природа вдохновляет на создание высокотехнологичных решений.

С появлением металлической обшивки на управляющих поверхностях самолетов произошли значительные изменения в их жесткостных характеристиках. Изгибная жесткость руля относительно оси Y возросла в 50-100 раз по сравнению с жесткостью относительно оси X . Это привело к тому, что конструкция управляющих поверхностей, ранее напоминавшая перо птицы, приобрела свойства жесткой «линейки», которая легко изгибается по нормали и практически не поддается изгибу в своей плоскости [1]. Такое изменение жесткостных характеристик привело к возникновению многоопорных рулей с их статической неопределимостью и появлению нового класса задач, связанных с расчетом составных конструкций, а затем и с их устойчивостью.

Ранее строение управляющих поверхностей самолетов воспринималось как прямое заимствование от пера птицы. Однако, с появлением металлической обшивки конструкции все больше стали отдаляться от идей природы.

Перо птицы, в отличие от конструкции современных рулей, способно изменять свою жесткость в зависимости от нагрузки, причем в разных плоскостях по-разному. Эта способность пера — снижать свою жесткость в определенных плоскостях — помогает птице экономить усилия при взмахе крыла, особенно при взлете. В отличие от металлических конструкций, перо может адаптироваться к изменениям в нагрузках и предотвращать чрезмерный прогиб. Именно этот принцип можно применить для создания рулевых поверхностей самолета, которые стремятся изогнуться в своей плоскости под воздействием внешней нагрузки. Уменьшение жесткости в своей плоскости позволяет снизить силы, воздействующие на руль, предотвращая его заклинивание и катастрофическое изменение формы [2].

При изучении пера птицы обнаружили интересные закономерности, связанные с его лонжероном — основным жестким элементом пера. Лонжерон пера при изгибе не только сжимается и растягивается, но и меняет форму своего сечения в плоскости хорд. Это приводит к тому, что жесткость пера уменьшается, что можно использовать для создания рулевых поверхностей с подобной механикой. Такой подход позволяет разгрузить

кронштейны навески рулей, улучшая их работу и предотвращая нежелательные колебания [2].

Таким образом, конструкция пера птицы, обладая уникальными свойствами изменения жесткости, может быть использована в разработке новых рулевых поверхностей для самолетов. Такие рули, аналогичные перьям, могут адаптироваться под разные условия полета, уменьшая нагрузку на управляющие поверхности и улучшая аэродинамические характеристики.

Список используемых источников:

1. Павлов, В.В. Свойство пера птицы изменять свою жесткость. Изв. вузов. Авиационная техника. – № 3. – 2006. – С. 70 – 72.

2. Павлов, В.А. Механика авиаконструкций: монография / В.А. Павлов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 1999. – 156 с.

Разработка и изготовление отражательного полярископа для исследования напряжений в натуральных элементах конструкции летательного аппарата методом фотоупругих покрытий

Киселев Л.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кожевников В.Ф.
МАИ, Москва

Полярископ состоит из оправы поляроидов в комплекте с компенсатором разности хода лучей. Оправа поляроидов представляет из себя корпус, содержащий два синхронизированных по углу вращения поляроида-поляризатора и анализатор и осветительный прибор. К кронштейну на анализаторе крепится компенсатор разности хода лучей, представляющий из себя две плоские линзы, линейно перемещающиеся друг относительно друга.

Существующие прототипы оправ изготавливаются из алюминиевых сплавов, синхронизация поляроидов осуществляется ременной передачей. Для взаимного перемещения пластин в компенсаторах используется винтовая передача.

На мощностях кафедры 914 МАИ был изготовлен прототип полярископа со сниженными массогабаритными характеристиками и повышенной эргономичностью.

Для снижения массы оправы следующие меры:

- производство деталей полярископа с использованием аддитивных технологий позволяет создавать легковесные детали со сложной внутренней гирондной структурой. Для производства компонентов зубчатой передачи используется антифрикционный материал РА-6, для корпусных деталей-РЕТG;

- синхронизация поляроидов осуществляется легковесной синхронизирующей паразитной шестерней, изготовленной из РА6 с помощью аддитивных технологий;

- источником света является компактный светодиодный элемент, излучающий свет известной частоты.

Для снижения массы и повышения эргономики линейного компенсатора разности хода были предприняты следующие шаги:

- в линейном компенсаторе равномерного поля взаимное перемещение пластин осуществляется за счёт хода шестерни из РА-6 по линейной рейке. Это позволило снизить массу и габариты изделия;

- корпус компенсатора выполнен из композитного материала на основе РА-6;

- кронштейн компенсатора выполнен быстросъёмным байонетным.

Компактность компенсатора позволяет использовать его как на мобильном штативе, так и на треноге.

Применение такого прибора может быть эффективным при исследовании опасных зон непосредственно на натурном прототипе.

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.

Перспективы развития, анализ сверхзвуковых пассажирских самолетов и численное моделирование обтекания трехмерной модели сверхзвукового самолета

Князев Н.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лэй Р.А.

КНИТУ-КАИ, Казань

С конца 1950-х годов началась активная разработка сверхзвуковых пассажирских самолетов, целью которой было создание летательных аппаратов, способных значительно сократить время перелетов. Первые проекты, такие как Concorde, разработанный в сотрудничестве Франции и Великобритании, и Советский Ту-144, стали яркими примерами возможностей сверхзвуковой авиации. Concorde совершил первый коммерческий полет в 1976 году, предлагая пассажирам перелеты на скорости, в два раза превышающей скорость звука. Ту-144, хотя и начался как амбициозный проект, столкнулся с рядом технических и эксплуатационных сложностей.

Эти самолеты показали значительный прогресс в области технологий, включая разработку новых материалов, систем управления полетом и силовых установок. Однако эксплуатация сверхзвуковых самолетов выявила ряд существенных проблем: высокий уровень шума, огромный расход топлива, а также экологические ограничения, связанные с выбросами и звуковым ударом. Высокая стоимость эксплуатации и ограниченная емкость рынка привели к завершению коммерческой эксплуатации Concorde в 2003 году.

Тем не менее, эти проекты заложили фундамент для последующих исследований в области сверхзвуковой авиации. Современные разработки учитывают накопленный опыт и направлены на устранение недостатков, включая снижение звукового удара и увеличение топливной эффективности.

Интерес к сверхзвуковым самолетам вновь возрос в последние десятилетия благодаря развитию технологий и растущим запросам рынка деловой авиации. Сегодня компании и научные организации сосредоточены на разработке новых решений, направленных на улучшение аэродинамики, экологической устойчивости и экономической эффективности.

Одним из ключевых направлений является снижение звукового удара, что позволяет рассматривать полеты над густонаселенными районами. Такие компании, как Boom Supersonic, активно тестируют модели с минимальным акустическим воздействием. Использование материалов, таких как углепластики и титановые сплавы, позволяет существенно уменьшить вес конструкции, что в свою очередь снижает расход топлива и выбросы углекислого газа.

Кроме того, развитие технологий двигателей, работающих на биотопливе или синтетическом топливе, открывает новые возможности для создания экологически чистых сверхзвуковых самолетов.

Работы, опубликованные в последние годы, посвящены вопросам снижения акустического воздействия, повышению топливной эффективности и внедрению экологически чистых технологий. Среди наиболее значимых публикаций можно выделить отчеты NASA, посвященные экспериментам с новыми профилями крыла и звукоизоляционными материалами, а также публикациями ЦАГИ.

Работа «Современные факторы создания сверхзвукового гражданского самолета нового поколения» за авторством Шапкина В.С. и Пухова А.А. посвящена исследованию и разработке концепции сверхзвукового пассажирского самолета нового поколения. Основная цель — создание экологически устойчивого, экономически эффективного и конкурентоспособного летательного аппарата. Рассматриваются исторические аспекты развития сверхзвуковой авиации, включая проекты Concorde и Ту-144, и анализируются современные тенденции, такие как использование композитных материалов и технологий снижения звукового удара.

Применение современных методов численной аэродинамики значительно улучшает процессы проектирования самолётов, позволяя получать ключевые аэродинамические характеристики на самых ранних этапах разработки, что особенно важно для решения сложных проектных задач. Это имеет особое значение при создании многорежимных воздушных судов, обладающих сложными интегрированными аэродинамическими схемами. В данной работе рассматривается задача анализа распределений давления и скорости потока вокруг многорежимного сверхзвукового самолёта в двух режимах полёта, а также выполнения предварительных расчетов его аэродинамических характеристик. Решение задачи проводится с использованием CAE-системы ANSYS WORKBENCH и исходных данных, характерных для начальной стадии разработки технического предложения.

Конструкция самолёта была разработана в соответствии с требованиями технического задания и учётом комплекса тактико-технических характеристик. Для построения аэродинамической модели обтекания использована трёхмерная геометрическая модель, созданная в CAD-системе Siemens NX2412. Самолёт имеет интегральную конструкцию с крылом, чья стреловидность изменяется в зависимости от режима полёта. Крыло оснащено поворотными консолями, которые могут занимать три фиксированных положения: для взлёта и посадки, для дозвукового крейсерского полёта и для сверхзвукового полёта.

Определение граничных условий, выполнение расчетов и обработка полученных данных осуществляются с использованием программного комплекса ANSYS FLUID. В ходе расчетов были получены распределения давления и скорости потока в вычислительной области. Программная обработка результатов позволила вычислить коэффициенты подъёмной силы, лобового сопротивления и аэродинамическое качество.

Список используемых источников:

1. Ланшин А.И., Алendarь А.Д., Комратов Д.В. Проблемы создания сверхзвукового пассажирского самолета нового поколения в части силовой установки. Международный конгресс по аэронавтике 2022, с. 153-156.
2. Шапкин В.С., Пухов А.А. Современные факторы создания сверхзвукового гражданского самолета нового поколения. Международный конгресс по аэронавтике 2022, с. 57-65.
3. Сидняев Н.И. Перспективы развития современных сверхзвуковых пассажирских самолетов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2023, № 1, с. 1–24.
4. Sum Y, Smith H. Review and prospect of supersonic business jet design. Progress in Aerospace sciences, Vol. 90, April 2017, pp. 12—38. DOI: 10.1016/j.paerosci.2016.12.003.

Параметрические исследования критических сжимающих напряжений потери устойчивости композитных панелей с учетом влияния деформаций поперечного сдвига

Колесников Р.Е., Ильичёва П.И.

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

МАИ, Москва

При расчетах и проектировании композитных и металлических панелей авиационных конструкций в общем случае предполагается, что обшивки являются тонкими (гибкими). Существующая классификация пластин в соответствии с классической монографией Вольмира А.С. [1] основана на следующем: металлическую пластину принято считать гибкой, если можно пренебречь изгибными напряжениями по сравнению с мембранными напряжениями в срединной поверхности. Кроме того, металлическую пластину принято считать жесткой [1], если амплитуда прогиба ее не превышает приблизительно 1/5 толщины; с другой стороны, при амплитуде прогиба, превышающей толщину более чем в 5 раз, пластину можно рассматривать как абсолютно гибкую.

При создании современных композитных конструкций кессонов крыла (например, самолетов MC-21 и CR-929) толщины обшивок могут превышать 20...25 мм (в зонах навески пилона), а в регулярных зонах могут составлять 10...15 мм. Верхние панели кессона крыла нагружены в основном сжимающими усилиями. В этом случае для композитных обшивок

надо решать задачу определения критических напряжений потери устойчивости с учетом классификации рассматриваемых панелей.

В авиационных КБ при проектировании относительно толстых композитных панелей, как правило, вводится дополнительный коэффициент, учитывающий возможное снижение прочностных и жесткостных характеристик при больших толщинах. При исследовании устойчивости указанных выше толщин при определении критических напряжений можно формально использовать понижающий коэффициент или при расчетах критических напряжений учитывать деформации поперечного сдвига. В последнем случае возможно использование теории композитных конструкций Васильева В.В. [2], в рамках которой получено аналитическое выражение для критических сжимающих напряжений. В данной работе на основе указанного решения для коротких ($150/100$ мм) и длинных ($a/b=300/100$ мм и $a/b=400/100$ мм) углепластиковых панелей с возможным учетом изменения толщин ($\delta=1...15$ мм) и изменением угла армирования $\phi=0...90^\circ$ проведены параметрические исследования, которые заключались в сравнении критических сжимающих напряжений потери устойчивости с учетом влияния деформаций поперечного сдвига и без учета [2].

Полученные результаты предложено использовать для классификации композитных панелей (на гибкие, средние и толстые) с позиции определения критических напряжений потери устойчивости. Отмечено, что аналитические решения задач устойчивости проводятся с точностью до неизвестной константы. Кроме того, полученные результаты позволят модифицировать методику определения оптимальных параметров композитных подкрепленных панелей, основанных на принципе равноустойчивости [3] при проектировании панелей с обшивками, которые в общем случае могут быть классифицированы как панели средней толщины за счет возможного учета деформаций поперечного сдвига. Также предложено учитывать результаты параметрических исследований для классификации композитных панелей, проектируемых с учетом геометрически нелинейного поведения [4].

Кроме параметрических исследований, основанных на аналитическом решении задачи устойчивости, в работе проведены численные исследования, проведенные методом конечных элементов (МКЭ) для указанных выше углепластиковых панелей при продольном сжатии. Приведены сравнения результатов, полученных с использованием аналитического выражения [2] и МКЭ, и получены выводы, касающиеся возможности использования конечных элементов различного типа при решении задач устойчивости.

Список используемых источников:

1. Вольмир А.С. Гибкие пластины и оболочки. – М., ГИТТЛ, 1956, – 420с.
2. Васильев В. В. Механика конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение. 1988. – 270 с.
3. Митрофанов О.В. Проектирование несущих панелей авиационных конструкций по закритическому состоянию. - М: МАИ (НИУ), 2020. – 160 с. – ISBN 978-5-4316-0757-8.
4. Митрофанов О.В., Торопылина Е.Ю. Определение толщин ортотропных панелей кессона крыла при закритическом состоянии с учетом мембранных и изгибных напряжений // Вестник Московского авиационного института. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 82-92.

Исследование параметров грузовой кабины для перспективного беспилотного летательного аппарата самолетного типа

Косяченко Д.А., Анучин М.А., Широков А.И.

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

МАИ, Москва

В Российской Федерации непрерывно растет объем грузоперевозок. Помимо этого, в связи с появлением новых населенных пунктов, их развитием, расширяется география авиационных маршрутов. Также, не менее динамично развивается и сама авиационная отрасль. Несмотря на активное внедрение беспилотных технологий в авиации и расширение географии полетов, парк транспортной авиации в России остается неизменным на протяжении многих лет.

Основу транспортного авиапарка РФ представлена уже такими устаревшими моделями, как Ан-24, Ан-26, L-410, Ан-2 и т.п. Безусловно, это влечет за собой ряд проблем. Помимо высокого расхода топлива и ГСМ, эксплуатация данных ЛА требует экипажа из нескольких человек. Также, если Ан 24/26 оборудованы мощными ТВД, что обеспечивает им относительно высокие скорости полета и дальность, то Ан-2 и L-410 оснащены менее мощными силовыми установками. Так, крейсерская скорость Ан-2 – 180 км/ч, L-410 – 380 км/ч. Все эти факторы существенно снижают эффективность, увеличивают стоимость летного часа и, как следствие, снижают рентабельность этих самолетов.

Актуальность данного исследования обусловлена следующим: в 2023 году Росавиацией был выпущен документ НЛГ «БАС-СТ», который регламентирует требования к беспилотным ЛА самолетного типа с максимальной взлетной массой до 5400 кг. Это обуславливает необходимость оценки экономической целесообразности создания и эксплуатации подобных аппаратов, что требует сравнения их характеристик с пилотируемыми аналогами той же весовой категории.

Цель исследования – определить оптимальную конфигурацию грузовой кабины для перспективного беспилотного транспортного самолета, исходя из характеристик грузовых отсеков пилотируемых самолетов сопоставимой массы.

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 авиакомпании», 2018 г.

Исследование весового проектирования современных пассажирских самолётов с помощью статистических методов

Кутневский Н.П., Павлюченкова В.О., Сидорович Е.Л.

МАИ, Москва

Весовое проектирование – это критически важная область в разработке современных пассажирских самолетов. В процессе весового проектирования определяются целевые массоинерционные характеристики (МИХ) ЛА, а также изучаются и при необходимости формулируются вновь основные методы достижения целевых МИХ (в том числе ключевые конструктивные, технологические и эксплуатационные решения).

Актуальность данной работы заключается в том, что в наше время активно развиваются и внедряются новые материалы и технологии производства, самолеты оснащаются все большим количеством электронного оборудования, системами безопасности и средствами связи. Все это ведет к изменению массовых характеристик ЛА. Современная проблема весового проектирования заключается в отсутствии достаточного количества накопленной статистики для современных ЛА с новыми материалами и оборудованием.

В работе стояла задача собрать максимальное количество информации по изделиям из всех возможных областей знаний от эксплуатации до политики. Знание условий эксплуатации изделий-аналогов, технологии их изготовления, политических особенностей позволяет правильно проанализировать собранную информацию.

Важно было также убедиться в достоверности информации, поэтому каждый источник был проанализирован. Источниками служили открытые общедоступные (internet), специализированные справочники (Jane's) и специальные (АММ). Затем необходимо было сформировать функции, описывающие зависимости между различными величинами, проанализировать корреляции между величинами.

В результате мы получили набор данных, зависимостей и весовых формул с помощью которых можно определить величину массы конструкции будущего самолета, который будет отвечать современным требованиям.

Список используемых источников:

1. Шейнин В.М., Козловский В.И. «Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов», Москва, «Машиностроение» 1984 г.
2. Бадягин А.А., Мухамедов Ф.А. «Проектирование легких самолетов», Москва, «Машиностроение» 1971 г.

Формирование весового облика цифровой модели административного самолета

Мелконян Р.В.

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

МАИ, Москва

В условиях быстро меняющегося рынка авиационной техники сроки проектирования самолетов становятся критически важными для заказчиков. Увеличение этих сроков может привести к устареванию технических решений еще до завершения реализации проекта. Поэтому для эффективного проектирования нового самолета при ограниченных ресурсах и времени необходима высокая степень точности в прогнозировании его характеристик на стадии разработки.

Концептуальное проектирование представляет собой ключевой этап в процессе создания летательного аппарата, на котором принимаются основные проектные решения, существенно влияющие на дальнейшую судьбу проекта. Ошибки, допущенные на этом этапе, могут привести к значительным затратам времени и финансов на доработку в процессе рабочего проектирования и производства. В этом контексте весовое проектирование выделяется как отдельная область инженерной деятельности, охватывающая весовые расчеты, анализ и контроль. Весовые характеристики самолета играют решающую роль, поскольку определение массы непосредственно влияет на выбор других проектных параметров и служит критерием для оценки эффективности конструкции летательного аппарата.

В Московском авиационном институте была разработана Цифровая Платформа Весового Проектирования Летательных Аппаратов (ЦП ВП ЛА), которая предоставляет инструменты для решения взаимосвязанных задач весового проектирования с использованием различных расчетных модулей. Эта платформа позволяет интегрировать данные и проводить комплексный анализ, что способствует более точному прогнозированию весовых характеристик.

В рамках исследования также были изучены методы оптимизации, направленные на дальнейшую оптимизацию массы самолета. Применение этих методов позволяет снизить массу конструкции, что в свою очередь повышает общую эффективность летательного аппарата.

Анализ рынка подтверждает необходимость разработки административного самолета в современных условиях. На основе проведенного анализа была сформирована математическая модель расчета массы с высокой степенью сходимости, что позволяет более точно учитывать требования и ожидания потенциальных пользователей. В результате проведенных исследований были сформулированы основные требования к новому самолету, что позволит учесть актуальные потребности и тенденции в авиационной отрасли. Оптимизация весового проектирования, в сочетании с современными методами и инструментами, является ключом к успешной реализации проектов в условиях ограниченных временных и ресурсных рамок.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с.
2. Арутюнов А.Г. Методика определения рационального облика коммерческого тяжелого рампового грузового самолета на этапе концептуального проектирования из условия его прибыльности: Дис.кан.техн.наук.– М.: 2017. – 25 с.
3. Брусов В.С., Баранов С.К. Оптимальное проектирование летательных аппаратов. Многоцелевой подход. - Москва: «Машиностроение», 1989. 229 с.

Анализ и доработка конструктивно-силовой схемы перспективного беспилотника

Метельков Н.И.

Научный руководитель — к.т.н. Волоков А.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время возрастает необходимость в совершенствовании беспилотников самолетного типа с целью расширения возможности их применения и оптимизации эксплуатационных затрат.

Одним из вариантов разрешения представленных задач является комбинация аэродинамически несущего фюзеляжа и схемы летающее крыло. Данная схема позволяет обеспечить достаточно большую подъемную силу и, соответственно, грузоподъемность при относительно малых скоростях летательного аппарата и значительных углах атаки.

В исследовании рассматривается возможность использования недорогих материалов для изготовления консоли крыла, а также проводится оценка прочностных характеристик и определение запаса прочности с последующей доработкой конструктивно-силовой схемы. Стоит отметить, что применение многослойных композитных материалов позволяет получить достаточно простую и дешевую конструкцию, при относительно больших прочностных характеристиках.

Изначально рассматривается конструктивно-силовая схема, позволяющая наиболее быстро и с наименьшими трудозатратами осуществить сборку конструкции. Основные силовые элементы на первом этапе изготавливались из фанеры, а сама обшивка крыла из стеклоткани Т13 в два слоя толщиной 0,24 мм каждый, между которыми находится пенный наполнитель толщиной 5 мм.

Исходя из исходных размеров консоли крыла определено аэродинамическое воздействие при максимально возможной скорости 17 м/с. Для этого создана численная модель в программе Ansys Fluent и выполнено решение параметрической задачи: получение подъемной силы на скорости 17 м/с при углах атаки от 0 до 30 с шагом 5 градусов. Наибольшая подъемная сила составила 50 ньютонов при угле атаки 25 градусов. Далее полученная нагрузка приложена, как поле давления, к конечно-элементной модели в программе NX и проведен анализ напряженно-деформированного состояния конструкции.

На основе полученных результатов расчета выполнена доработка конструктивно-силовой схемы. В процессе проектирования внесены изменения в расположение силовых элементов, а также принято решение отказаться от использования фанеры, что положительно сказалось на весовых характеристиках агрегата. Так же был проведен расчет на прочность новой конструкции. Результаты показали, что жесткость новой конструкции практически соответствует исходной схеме, но при меньшем весе

Список используемых источников:

1. Зотов А.А. Испытания конструкций самолетов на прочность в промышленной лаборатории / А.А. Зотов, А.В. Бабайцев. – Москва : МАИ, 2023. – 166, [1] с. : ил. – Библиогр.: с.164.
2. Расчет самолета на прочность. Разрушающие напряжения, несущая способность, методы расчета : учебное пособие / А.А. Зотов. – Москва : Вузовская книга, 2018. – 93 с. : ил. – Библиогр.: с.91.
3. Е.П.Оболенский, Б.И. Сахаров, В.А.Сибиряков Прочность летательных аппаратов и их агрегатов / Е. П. Оболенский, Б. И. Сахаров, В. А. Сибиряков; Под ред. И. Ф. Образцова. – Москва : Машиностроение, 1995. – 503 с.
4. А.С.Авдонин, В.И.Фигуровский Расчет на прочность летательных аппаратов / А. С. Авдонин, В. И. Фигуровский. – Москва : Машиностроение, 1985. – 439 с.

Разработка широкофюзеляжного самолета компоновочной схемы «летающее крыло»

Очкин А.В.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Кольга В.В.

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

Проблема совершенствования конструкции широкофюзеляжных самолетов в гражданской авиации стоит достаточно остро. В настоящий момент все самолеты данного класса представлены балансировочной схемой с хвостовым горизонтальным оперением, именуемой также «нормальной» аэродинамической схемой. При этом возможность разработки других аэродинамических схем в полной мере чаще всего не были реализованы, ограничиваясь отдельными вариантами для решения специфических задач, таких как увеличение скорости движения воздушного транспорта и уменьшение времени перелета. Вследствие чего актуальным является рассмотрение возможности проектирования широкофюзеляжных самолетов других аэродинамических схем с использованием преимуществ таких компоновок.

Для широкофюзеляжных самолетов кроме «нормальной» аэродинамической схемы наиболее перспективной является аэродинамическая схема «летающее крыло». К реализации данной схемы обращались неоднократно ряд известных авиационных компаний: McDonnell Douglas, Boeing, Туполев, ими были разработаны ряд экспериментальных версий самолета: BWB (Blended Wing Body) (компании McDonnell Douglas), BWB (компании Boeing), Ту-404.

Все представленные модели имеют ряд общих черт.

Фюзеляж специфической формы (так называемый «несущий корпус»), подъемная сила которого формируется на корпусе летательного аппарата. Для него характерна широкая передняя часть, плавно переходящая в крыло. Хвостовая часть фюзеляжа, при этом, по удалении от задних кромок крыла, продолжает сохранять заданную ширину, но меняет толщину, что приводит к образованию его округлой формы. При боковом рассмотрении фюзеляж имеет S-образный профиль.

Крыло имеет сильно выраженную стреловидность. Вместо элеронов, применены элевоны, предполагающие дополнительное управление по углу рысканья.

Горизонтальные стабилизаторы не применяются, полностью заменяясь элевонами, отведенное под них место занимает почти всю заднюю кромку крыла.

Вертикальное оперение располагается на концах крыла, переходя в аэродинамические законцовки крыла (винглеты) у компаний McDonnell Douglas, Boeing, проект Ту-404 предполагает расположение килей в хвостовой части.

Двигатели у рассматриваемых моделей устанавливаются в хвостовой части несущего корпуса, занимая практически всю его площадь.

При этом основными преимуществами у них являются: грузоподъемность самолетов такой компоновки на 40% больше, чем у самолетов «нормальной» компоновочной схеме в варианте BWB (McDonnell, Douglas) и на 60% в варианте Ту-404 на дальность 13 тыс. километров; экономическая выгода самолетов такой схемы приблизительно на 15-20% выше, чем у других широкофюзеляжных самолетов «нормальной» компоновки.

Однако это не исключает ряда существенных недостатков: влияние внутреннего давления на поверхность несущего корпуса, низкая управляемость по углу тангажа.

Несущая способность такого типа фюзеляжа при избыточном внутреннем давлении ниже, чем у фюзеляжей нормальной балансировочной схемы. Это приводит к избыточным деформациям и в конечном счете к изменению летных характеристик, и воздействию на прочностные характеристики.

Эффективность управления по углу тангажа таких аэродинамических схем ниже, чем для «нормальной» аэродинамической схемы.

Из представленных проектов на практике был реализован только BWB компании Boeing в рамках уменьшенной модели в конце 90х годов прошлого века. Несмотря на это, аэродинамический схемы «летающее крыло» активно прорабатываются в настоящее время.

Использование аэродинамической схемы летающее крыло позволит усовершенствовать следующие характеристики планера:

Уменьшение силы лобового сопротивления. Следствием этого будет увеличение аэродинамического качества самолета, что приведет к улучшению экономических показателей.

Уменьшение массы пустого снаряженного самолета на 9% и максимальной взлетной массы на 8%.

Положительные явления отмечаются при расположении двигательных установок на верхней плоскости несущего корпуса, ближе к хвостовой части, что приводит к снижению уровня шума на 20-25 дБ.

Увеличением аэродинамического качества подтверждается рядом экспериментов, которые проводились на предметах простой геометрической формы, итогом которых стал вывод, что использование дискообразного тела в роли фюзеляжа позволит уменьшить площадь обтекаемой воздухом поверхности на 30%.

На первом этапе проектирования зададимся основными летно-техническими и габаритными характеристиками.

Предлагаемая конструкция представляет из себя планер самолета, характеристики которого представлены ниже:

Двигатель: ПС-90А – 3 штуки.

Размах крыла: 60-65 м.

Длина самолета: 40-45 м.

Высота: 11-15 м.

Количество перевозимых человек: 380-430.

Масса полезной нагрузки: 50000-55000 кг.

Рейсовая скорость: 850-900 км/ч.

Дальность полета при максимальной нагрузке: 9000 км.

Эксплуатационный потолок: 12000 км.

Для планера, представленный в эскизном варианте, имеющего вышеописанные характеристики проведем компьютерный эксперимент с целью получения практических аэродинамических и летно-технических характеристик.

Список используемых источников:

1. Проектирование самолетов: учебник для вузов / С.М. Егер [и др.]. – 4-е изд. Репр. воспр. текста изд. 1983 г. – М.: Логос, 2005. – 648 с.

2. Никушкин Н.В., Фаворский В.С., Кацура А.В. Основы аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов : учеб. пособие : в 2 ч. – Красноярск : Сиб. гор. аэрокосмич. ун-т., 2012. – 270 с.

3. Оконкво П., Говард С. Обзор развивающихся тенденций в проектировании самолетов со смешанным крылом // Прогресс в аэрокосмических науках. 2016. №82. С. – 1-23.

Проектирование системы регулирования электрической системы кондиционирования воздуха пассажирского самолета

Паневин А.Ю.

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

МАИ, Москва

В настоящее время перед конструкторами авиационных систем кондиционирования воздуха (СКВ) стоит задача повышения ее энергетической эффективности. Данную задачу можно решить двумя способами: во-первых, созданием установки охлаждения воздуха с высокой термодинамической эффективностью цикла охлаждения, во-вторых, исключением дросселирования воздуха на выходе из источника питания системы путем применения электроприводных автономных компрессоров (АК). Действительно, на входе в СКВ с отбором воздуха от двигательной установки применяются сетевые регуляторы давления, редуцирующие давление за собой до значений порядка 280-320 кПа. Из этого следует, что работа, идущая на сжатие отобранного воздуха в двигателе сверх 320 кПа, затрачивается бесполезно.

В мировой практике известен единственный серийный самолет Boeing 787, при проектировании СКВ для которого специалисты компании Boeing пошли по второму пути. Это реализуемо в концепции «более электрического самолета», предусматривающей усложнение системы электроснабжения установкой электрогенераторов большей мощности и т.д.

С увеличением энергоэффективности за счет применения электрической СКВ на борту пассажирского самолета улучшается его топливная эффективность, что особенно актуально в наши дни из-за стоимости авиационного керосина. Однако недостаточно присутствия одних АК, необходимо создание эффективной системы регулирования компрессора для адаптивности его работы под потребности системы. Анализ открытых источников выявил отсутствие исследований в области регулирования перспективных электрических СКВ, а ведь благодаря системе регулирования возможно добиться сокращения давления за источником наддува и питания гермокабины [1], что позволит уменьшить ту часть топлива, которая затрачивается на функционирование системы.

В работе разработана математическая модель функциональных подсистем регулирования, которая состоит из математических моделей АК, подсистем регулирования расхода и температуры воздуха, а также объекта регулирования – гермокабины. Для построения математической модели АК произведен регрессионный анализ напорной характеристики автономного компрессора, разработанного отечественными специалистами в МГТУ им. Н.Э. Баумана [2], для разных частот вращения.

Регулирование параметров воздуха за АК в зависимости от режима функционирования СКВ осуществляется изменением его производительности в диапазоне 0-60000 оборотов в минуту. В процессе моделирования выявлено снижение давления воздуха на выходе из АК в сравнении с традиционными СКВ, что приводит к уменьшению работы сжатия.

Список используемых источников:

1. Гришина Л.А., Паневин А.Ю. Разработка функциональных подсистем регулирования электрической системы кондиционирования воздуха пассажирского самолета // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2024. – № 12. – С. 88–95.
2. Тищенко И.В., Чижигов В.Е., Царьков И.А. и др. Разработка воздушного электрокомпрессора для безотборной системы кондиционирования воздуха перспективного регионального самолета // Холодильная техника. – 2022. – т. 111. – № 2. – С. 115–122.

Сравнительный анализ норм летной годности к системе кондиционирования воздуха воздушных судов

Парубин Д.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кирпичев И.Г.
МАИ, ОКБ Сухого, Москва

На данный момент сравнительный анализ отечественных и зарубежных норм летной годности (НЛГ) к типовой конструкции гражданских воздушных судов (ВС) транспортной категории является крайне актуальной задачей в целях разработки конкурентоспособной отечественной авиационной техники (АТ) и ее экспорта на внешний рынок. Полнота и качество требований национальных НЛГ к функциональным системам, например, к системе кондиционирования воздуха (СКВ), существенно влияет на эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ) ВС.

Разработка АТ – непрерывный процесс, требующий постоянной актуализации и гармонизации отечественной и зарубежной нормативной правовой базы для достижения высокого уровня безопасности полетов ВС и эффективности реализации процессов проектирования и сертификации АТ с минимальными временными и экономическими затратами.

Целью данной работы является сравнительный анализ НЛГ к СКВ гражданских ВС транспортной категории, разработанных Федеральной авиационной администрацией (FAA) – Part 25 [1] и Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация) – НЛГ 25 [2].

Установлено, что гармонизация требований в НЛГ 25 и Part 25 к СКВ осуществлена на приемлемом уровне. Структура рассмотренных авиационных правил, нумерация и наименование глав, параграфов, пунктов, подпунктов и физический смысл присутствующих в обоих нормативных правовых документах требований, гармонизированы. В то же время присутствуют различия в количественном составе требований, оказывающие ключевое влияние на суть требований. В НЛГ 25 отсутствуют требования, изложенные в Part 25: пункт (g) в параграфе 25.831 «Вентиляция»; пункты и подпункты (c) (1), (2), (d) (1), (2), (3) в параграфе 25.841 «Герметические кабины», что требует особого внимания при выпуске следующей редакции НЛГ. В то же время НЛГ 25 включают как минимум шестнадцать дополнительных по отношению к Part 25 пунктов требований к СКВ. Также существенные различия присутствуют в отечественных и зарубежных методах оценки соответствия (МОС) СКВ НЛГ.

Результаты данного сравнительного анализа подчеркивают важность регулярного пересмотра, актуализации и дополнения отечественных НЛГ к СКВ для развития и совершенствования требований к типовой конструкции ВС. Практическая и научная ценность полученных результатов может способствовать устранению разрыва между зарубежными требованиями НЛГ и процессом разработки отечественной АТ, а также способствовать повышению ЭТХ СКВ отечественных гражданских ВС транспортной категории.

Список используемых источников:

1. Part 25 – Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes. 21 November 2024. 1074 p.
2. Нормы летной годности самолетов транспортной категории НЛГ 25. Утв. приказом Федерального агентства воздушного транспорта от 27.12.2022 № 961-П, ревизия 01. 379 с.
3. Чичиндаев А.В., Дьяченко Ю.В., Спарин В.А., Хромова И.В. Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов. Учебное пособие. / Под ред. Чичиндаева А.В. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 319 с.

Анализ аэродинамических и конструктивных характеристик самолетов с сочлененным крылом

Пишун И.К.

Научный руководитель — к.т.н. Лэй Р.А.
КНИТУ-КАИ, Казань

В современном мире конструкция летательного аппарата нуждается в совершенно новых подходах проектирования. В первую очередь это связано с тем, что за время развития авиации некоторые части конструкции летательного аппарата усовершенствованы до значимых положительных показателей (крыло самолета). Тенденция применения устоявшихся проектировочных схем летательного аппарата, несомненно, основывается на опыте полученных знаний за весь период существования авиации. Но благодаря созданию новых авиационных материалов, усовершенствованию вычислительных систем появляется необходимость внедрения новых инъекций, которые способствуют улучшению конструкции летательного аппарата.

Одним из кардинально поворотных решений при проектировании летательного аппарата является схема сочлененного крыла [1]. Данная концепция предполагает летательный аппарат, который имеет два крыла, соединённые между собой как правило в области концевых хорд. Летательный аппарат с сочлененным крылом может быть определен как летательный аппарат с тандемными крыльями, имеющими форму ромба в плане и при виде спереди [2]. Предполагается, что сочлененное крыло имеет следующие преимущества:

- 1) малое индуктивное сопротивление;
- 2) высокая жесткость;
- 3) хорошая устойчивость и управляемость.

Поскольку авиационная отрасль сталкивается с новыми вызовами, включая требования по сокращению выбросов и повышению энергоэффективности, сочленённые крылья могут стать важным элементом адаптации к этим изменениям.

Сочленённое крыло является основой для будущих исследований и разработок в области авиации, таких как беспилотные летательные аппараты и гибридные самолёты.

Тема работы посвящена концепции и анализу конструкций самолетов с сочлененным крылом, а также исследованию различных аспектов их проектирования, таких как аэродинамические и конструкционные характеристики, а также влияние различных параметров на массу и эффективность.

В первой части текста рассматриваются предполагаемые преимущества такой конфигурации, которые включают уменьшенную массу, высокую жесткость, низкое индуктивное сопротивление, хорошие аэродинамические характеристики для трансзвуковых скоростей, улучшенное распределение подъемной силы и боковой силы, а также высокую управляемость и устойчивость. Утверждается, что эти преимущества были подтверждены на стадии проектирования и испытаний в аэродинамической трубе, что позволило прийти к заключению о целесообразности использования сочлененных крыльев для различных типов самолетов.

Далее в работе описывается конструкция сочлененных крыльев, которые отличаются от традиционных крыльев не только внешней формой, но и внутренним устройством. Конструкция таких крыльев должна учитывать нагрузочные составляющие, действующие на каждое крыло, и с целью предотвращения изгиба необходимо использовать усиленные элементы конструкции. Ключевым элементом является понимание взаимосвязи аэродинамических и конструктивных характеристик, что важно для правильного выполнения аэродинамического расчета.

В рамках анализа конструкции приводятся рекомендации по выбору таких геометрических параметров, как угол стреловидности, место соединения крыла и оптимальная внутренняя конструкция. При правильном подходе к проектированию и расположению элементов, можно достичь значительной экономии в массе. Особое внимание уделяется выбору места соединения крыльев, которое влияет на аэродинамическую эффективность и устойчивость конструкции [3]. Для получения наилучших результатов важно, чтобы переднее и заднее крыло имели оптимальные пропорции и геометрические параметры, что напрямую сказывается на массе и аэродинамических характеристиках.

Далее в тексте рассматривается жесткость и упругость конструкции. Поскольку заднее крыло в сочлененном варианте находится в состоянии сжатия, важно учитывать влияние воздушных нагрузок на его устойчивость и изогнутость. Для предотвращения прогибов при использовании тонких профилей крыльев предлагаются различные конструктивные решения, такие как усиление с помощью подкосов.

Помимо этого, в работе анализируются аспекты конструкции фюзеляжа и стабилизатора. Сочлененное крыло оказывает влияние на распределение нагрузок и моменты, действующие на фюзеляж. В отличие от традиционных схем, при сочлененных крыльях фюзеляж поддерживается с двух концов, что способствует снижению изгибающих моментов и уменьшению массы конструкции.

В заключение, анализируются преимущества и недостатки использования сочлененных крыльев. Исследования показывают, что, при соблюдении определенных условий и правильном подборе геометрических параметров, сочлененные крылья могут значительно снизить массу и повысить аэродинамическую эффективность самолета. Однако для достижения максимальных результатов необходимо учитывать сложные взаимодействия между аэродинамическими и конструкционными характеристиками, а также оптимально проектировать внутренние элементы конструкции.

Список используемых источников:

1. Wolkovich, J., The Joined Wing: An Overview // AIAA-1985-0274, presented at the 23rd AIAA Aerospace Sciences Meeting, Reno, NV, 14-17 January 1985.
2. Gallman, J.W., Structural Optimization for Joined-Wing Synthesis // Journal of Aircraft, Vol. 33, No. 1, January-February 1996, pp. 214-223.
3. Rasmussen, C., Canfield, R. & Blair, M. Optimization process for configuration of flexible joined-wing // Struct Multidisc Optim 37, 265–277 (2009). <https://doi.org/10.1007/s00158-008-0229-4>.

Повышение баллистической эффективности летательных аппаратов с использованием мембранных крыльев

Поляков Л.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шилин П.Д.

ТулГУ, Тула

В настоящее время наблюдается растущий интерес к разработке летательных аппаратов (ЛА) малой скорости. Они представляют собой сложную систему, в которой каждый элемент конструкции оказывает существенное влияние на лётно-технические характеристики. При этом особый интерес к ЛА, которые способны трансформироваться в полете. Такие аппараты находят применение в самых разных областях, включая мониторинг, доставку грузов и научные исследования. Одним из ключевых требований, предъявляемых к подобным устройствам, является их компактность в сложенном состоянии.

Однако для обеспечения достаточной подъемной силы на дозвуковых скоростях требуется значительная площадь аэродинамических поверхностей. Это создает противоречие между обеспечением компактных габаритов и требованиями к аэродинамическим характеристикам. Решение этой задачи становится вызовом для конструкторов, которые вынуждены разрабатывать нестандартные компоновочные схемы.

Перспективным направлением в этой области становится создание крыльев с мембранной структурой. Такие крылья могут быть выполнены из легких и гибких материалов, которые обеспечивают высокую прочность и устойчивость к нагрузкам, возникающим в процессе полета. Кроме того, использование мембранных структур открывает возможности для использования адаптивной системы управления формой крыла, что позволяет еще больше повысить баллистическую эффективность ЛА.

В рамках исследования рассматривался объект, выполненный по обычной схеме. В задней части которого расположена двигательная установка, а в носовой полезная нагрузка. Над соединением этих отсеков расположен механизм способный в определенный момент времени раскрывать аэродинамические поверхности (крылья).

Между крыльями и корпусом установлена тканевая пластина, которая при полном раскрытии, натягивается. Для увеличения жёсткости конструкции, через пластину проходят трубки. Для облегчения конструкции предполагается использовать материалы, на основе полиэтилена, сочетающие в себе лёгкость, прочность и гибкость.

Ключевым параметром, на которое ориентировано рассматриваемое техническое решение, является увеличение площади аэродинамической поверхности. При увеличении площади необходимо учитывать комплексное влияние на аэродинамические характеристики, включая увеличение подъемной силы, лобового сопротивления, а также несущую способность такой конструкции. Проведенные оценки изменения аэродинамических характеристик показали увеличение подъемной силы не менее чем на 20% при увеличении лобового сопротивления в среднем на 10%.

Подобные решения открывают новые перспективы для создания ЛА, которые смогут эффективно работать. Исследования в этой области требуют комплексного подхода, сочетающего междисциплинарные исследования в области аэродинамики, прочности и материаловедения.

Список используемых источников:

1. Ветров В.В. Баллистическая эффективность летательных аппаратов: учеб. пособие для студентов вузов / В.В. Ветров, А.И. Дикшев, Е.М. Костяной, П.Д. Шилин ; под ред. проф., д-ра техн. наук В.В. Ветрова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. – 210 с.

2. Щербакова А.О., Тканевый композит. Оценка упругодиссипативных характеристик, Вестн. Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ., 2014, том 6, выпуск 2, 40–48.

Методика проектирования композитных конструктивных элементов планера летательного аппарата с учётом динамических нагрузок от случайных ударов, возникающих в эксплуатации

Рожков Д.М.

МАИ, Москва

Случайные повреждения авиационной техники – достаточно распространённый вид инцидентов, случающийся в эксплуатации [1-2]. Причин случайных повреждений достаточно много. Очень распространёнными являются удары птиц в определённые части самолёта. Более всего влиянию данного фактора подвержены носовое обтекатели, предкрылки, отклоняемые носки, носовые части горизонтального и вертикального оперения, остекление кабины экипажа. При этом чаще всего способом доказательства соответствия требованиям птицестойкости служит проведение наземных испытаний с использованием специальных металлических установок.

Также в эксплуатации часто повреждения авиационной техники наносят удары града и удары камней в результате влета из-под колёс с поверхности ВПП. Известны случаи появления диких животных при взлёте и посадке на пути воздушного судна. Столкновения с ними могут служить причиной довольно значительных повреждений конструкции планера. Также часто встречается такое явление, как удар отделившегося фрагмента пневматика в результате разрыва шины от избыточного давления, вызванного нагревом колёс при торможении.

Распространены случаи повреждения авиационной техники средствами наземного обслуживания, такими, как лестницы, стремянки, аэродромная техника. Встречаются повреждения, обусловленные ошибками, допущенными инженерно-техническим составом в процессе технического обслуживания. Конструкция планера может быть повреждена не локализованными фрагментами ротора силовой установки.

Ряд этих факторов требует учёта возможности их возникновения ещё на этапе проектирования воздушного судна. Однако проблематика введения данных случаев в конструкторский расчёт состоит в том, что методы аналитического определения НДС конструкции в зоне удара недостаточно проработаны на практике, поэтому подтверждение соответствия конструкции требованиям нормативных документов по данному пункту производится в основном путём испытаний или поверочных численных расчётов. А дальнейшее доведение конструкции до требуемого уровня динамической прочности производится путём внесения локальных доработок и усилений, что в конечном итоге неблагоприятно сказывается на массе конструкции и трудоёмкости работ по проекту.

Основным объектом исследований являются подкреплённые композитные оболочки. В работе предлагается совмещённый подход для проекторочного расчёта конструкции, представляющей собой подкреплённую композитную оболочку, на случай динамического воздействия птицы. Суть метода состоит в использовании классического перевода динамического нагружения в статическое с помощью коэффициента динамичности [3]. Далее НДС конструкции в результате удара определяется по методу Ритца-Тимошенко. Путём перебора толщин оболочки производится выбор рационального варианта конструкции, выдерживающего удар птицы [4].

Конечным этапом проектирования элемента конструкции летательного аппарата с учётом требований птицестойкости является поверочный расчёт динамического упруго-пластического деформирования с использованием метода конечных элементов.

Список используемых источников:

1. Фейгенбаум Ю. М. и др. Обеспечение прочности композитных авиационных конструкций с учетом случайных эксплуатационных ударных воздействий. – 2018.
2. Ионов Д. А. Анализ безопасности полетов за 2023 год и проблемы анализа безопасности полетов в текущей геополитической обстановке //Вестник науки. – 2024. – Т. 2. – №. 11 (80). – С. 1360-1367.
3. Л.Г. Воронова, Ю.Н. Соболев, Н.В. Светлова, «Соппротивление материалов», СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011.

4. С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер, «Пластинки и оболочки», под редакцией Г.С. Шапиро, издание второе, Издательство «Наука», главная редакция физико-математической литературы, Москва 1966.

Анализ методик нормирования наземных нагрузок при эксплуатации самолёта на грунтовых ВПП

Семенова Е.С.

Научный руководитель — Чедрик В.В.

ЦАГИ, Москва

При проектировании воздушного судна (ВС), предназначенного для эксплуатации на грунтовых взлётно-посадочных полосах (ГВП), задача нормирования наземных нагрузок включает в себя вопросы регламентирования параметров ГВП: величины неровности поверхности, прочности и состояния грунта, и другие. С точки зрения прочности самолёта условия эксплуатации на грунтовых аэродромах являются наиболее неблагоприятными, т.к. высокий уровень неровностей поверхности таких ВПП и особенности взаимодействия шасси самолёта с грунтом, к примеру, при образовании колеи, способствуют возникновению больших нагрузок на опоры шасси самолёта. Соответственно, для решения задачи нормирования наземных нагрузок также необходимо понимание характеристик посадочного устройства.

Основным из направлений исследований в данной работе является обзор методик нормирования характеристик ГВП и шасси самолёта. К основным характеристикам ГВП относятся его размеры, величины неровностей и прочность грунта. В отечественной авиационной отрасли принята методика оценки нагрузок на ГВП по характеристике их прочности $\sigma_{\text{г}}$ в единицах кгс/см² и величине обжатия шины, которая проводится в соответствии с нормативными документами [1, 2]. В зарубежной практике рассматриваются следующие методы оценки грунтовых ВПП: индекс U.C.I. (Unit Construction Index) и классификационные числа ACN/PCN. Метод U.C.I. позволяет оценить нагрузку, действующую на колесо в зависимости от размеров опоры [3], и используется для проектирования и сертификации опор шасси, чтобы гарантировать способность конструкции выдерживать эксплуатационные нагрузки без повреждений и деформаций. Метод оценки классификационных чисел ACN (Aircraft Classification Number) и PCN (Pavement Classification Number) [4] позволяет определять максимальный допустимый вес самолёта на конкретном типе ВПП и несущую способность покрытия для эксплуатации без ограничений.

Также в данной работе проведён анализ различных видов колёсных посадочных устройств, предназначенных для эксплуатации на грунтовых ВПП, и требования к их характеристикам. При проектировании шасси больших самолётов - самолётов транспортной категории с условием базирования на грунтовых ВПП обычно выбирается многоопорная схема шасси. В работе приведён обзор различных компоновок многоопорных конструкций шасси и представлен раздел проекта расчётных условий прочности при определении наземных нагрузок на опоры шасси такого типа.

Для различных видов посадочных устройств проведён сравнительный анализ методов оценки наземных нагрузок, что позволяет многокритериально рассмотреть вопрос проектирования конструкции шасси, обладающей повышенной проходимостью. Представленные в работе результаты могут иметь практическую ценность для Разработчика ВС, предназначенного для эксплуатации на грунтовых ВПП. Проведённые оценки нагрузок в соответствии с отечественными и зарубежными методиками позволяют дать многогранную оценку технической реализации посадочных устройств на предварительных стадиях проектирования авиационной техники. Описанные в работе критерии, необходимые для формирования технических характеристик взлётно-посадочной площадки, должны учитываться Разработчиком при создании посадочных устройств и формирования руководства лётной эксплуатации самолёта. Соответственно, такой подход вносит вклад в безопасность и эффективность эксплуатации самолетов на грунтовых ВПП.

Список используемых источников:

1. Аэродромы. Правила обследования технического состояния // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, СП 491.1325800.2020, 2020 г.

2. Единые нормы лётной годности гражданских транспортных самолётов. // Межведомственная комиссия по нормам лётной годности гражданских самолетов и вертолетов СССР, 1985 г. – 485 с.

3. Operations from unprepared & semi-prepared airfields // NATO Advisory group for aeronautical research and development, AGARDograph, 1960 г.

4. Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation (ICAO) — Aerodromes. Volume I: Aerodrome Design and Operations. Volume II: Heliports. 8-е изд. Монреаль: ICAO, 2018.

Исследование влияния расположения двигателей и их количества на подсистему отбора системы кондиционирования воздуха дальнемагистрального пассажирского самолёта

Стёпина В.А.

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

МАИ, Москва

Цель данной работы – выявление особенностей влияния количества и расположения двигателей на подсистему отбора системы кондиционирования воздуха (СКВ) дальнемагистрального пассажирского самолёта.

Актуальной задачей проектирования системы кондиционирования воздуха является сокращение потребления энергии, отбираемой от маршевых двигателей, при снижении установочной массы и упрощении конструкции СКВ летательного аппарата. Параметры воздуха, подаваемого в гермокабину воздушного судна, определяет схема отбора, влияя на принципиальную схему СКВ, которая обеспечивает заданную степень комфорта людей на борту дальнемагистрального пассажирского самолёта при перелёте на большие расстояния. Оптимальное расположение двигателей и их количество на воздушном судне способствует выбору соответствующей схемы отбора СКВ, обеспечивая требуемые характеристики системы, определяя её архитектуру.

Современная авиационная техника предлагает тенденцию к снижению ступени отбора воздуха от компрессора маршевого двигателя. Также, уменьшение количества двигателей на пассажирских самолётах при повышении их надёжности – актуальное направление развития авиации. Это способно привести к большему усложнению конструкции подсистемы отбора и охлаждения, что повлечёт увеличение массы СКВ, повышая величину гидравлических потерь по тракту и скорости потока воздуха в трубопроводах системы, за счёт чего возможно возрастание уровня шума в пассажирском салоне летательного аппарата. Как следствие, при изменении подсистемы отбора есть вероятность преобразования архитектуры всей системы кондиционирования воздуха самолёта.

В работе были рассмотрены различные варианты схем отбора воздуха и выявлены следующие особенности влияния количества и расположения двигателей на подсистему отбора системы кондиционирования воздуха дальнемагистрального пассажирского самолёта:

- потери давления воздуха по длине зависят от расположения двигателей;
- снижение массы СКВ летательного аппарата обуславливается увеличением скоростей потоков воздуха в системе, что приводит к повышению уровня шума в пассажирском салоне.

По результатам исследования были сформированы критерии для определения двигателей с различными конфигурациями для СКВ дальнемагистрального пассажирского самолёта.

Список используемых источников:

1. Воронин Г.И. «Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования», Москва, «Машиностроение» 1978 г.

2. Шустров Ю.М. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха, Москва, «Машиностроение» 2006 г.

3. Воронин Г. И., Верба М. И. «Кондиционирование воздуха на летательных аппаратах», Московская типография № 26 1965 г.

Методика определения параметров критических элементов узлов навески

Титов Е.И.

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

МАИ, Москва

Проектирование всех конструкций и агрегатов пассажирского самолёта в первую очередь основывается на нормативных документах и сертификационном базисе. Конструкция пассажирского самолёта должна отвечать всем требованиям Норм лётной годности п.25 (НЛГ.25).

Агрегаты, которые в случае аварийной посадки, могут передать нагрузку на элементы топливной системы, которая может привести к разгерметизации топливной системы и опасности возникновения пожара, должны отделяться от планера при превышении расчётных нагрузок на узлы навески [1]. В таком случае передача нагрузок на агрегаты топливной системы прекращается и опасность разгерметизации топливной системы и последующего пожара значительно снижается.

Для достижения соответствия данному требованию НЛГ.25 в узлах навески таких агрегатов должны быть установлены специальные соединительные элементы, называемые слабыми звеньями, которые должны разрушаться при достижении заранее определённой нагрузки на узел [3]. В таком случае, разрушение происходит по строго предсказанному сценарию.

К узлам навески основных опор шасси (ООШ) предъявляются требования по предельной эксплуатационной нагрузке, долговечности и предельной нагрузки при разрушении узла навески и отделении опоры шасси в случае аварийной посадки [3]. Однако, достижение всех вышеперечисленных требований является комплексной задачей оптимизации конструкции и приведения многих взаимно противоположных по смыслу критериев. Так, при повышении значения запаса прочности слабого звена, увеличиваются долговечность и предельная эксплуатационная нагрузка. Однако, требования по значения предельной нагрузки при разрушении слабого звена устанавливаются по пределу прочности внешних агрегатов (топливных баков, кессона, силовой конструкции фюзеляжа), а, следовательно, может быть изменено. В таком случае, конструкция слабого звена может быть непригодна для эксплуатации из-за несоответствия требованиям безопасности полётов и п.25.721 НЛГ в частности. То же справедливо и для обратной ситуации, когда необходимо снизить предельную нагрузку при разрушении и конструкция слабого звена может не соответствовать требованиям по эксплуатационным нагрузкам.

В данной работе проведён анализ критериев оптимизации конструкции узлов навески ООШ гражданских самолётов, проанализирована взаимосвязь критериев слабых звеньев различных узлов навески ООШ, а также представлен алгоритм нахождения оптимального соотношения данных критериев крепежа узлов навески ООШ.

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. Рыбин А. В. Разработка методики детектирования и анализа грубых посадок самолёта на основе численного моделирования происшествий. Труды МАИ, № 81 – 2015.

3. Титов Е.И., Серебрянский С.А. Оценочный анализ моделирования грубых посадок самолёта и разрушения конструкции шасси с использованием различных подходов моделирования методом конечных элементов. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской

**Расчетное исследование влияния толщины пакета слоев КМ
на максимальные деформации конструктивно-анизотропной панели
летательного аппарата при растяжении-сжатии**

Толкачев М.А., Тинчурина Д.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Селюгин С.В.

МАИ, Москва

В авиационной промышленности необходимо проводить проектировочные расчеты на ранних этапах проектирования композитных конструкций, включая эскизный этап, однако отсутствие экспериментальных данных по испытаниям элементарных и конструктивно-подобных образцов (КПО) создает существенные ограничения. Актуальность проблемы обусловлена требованиями к точности прогнозирования механического поведения материалов и необходимостью минимизировать затраты на физические испытания. Целью исследования является разработка методики определения параметров материала, а также анализ влияния толщины пакета слоев композиционного материала (КМ) на предельные деформации конструктивно-анизотропной панели из полимерного композита, армированного высокомодульными волокнами, при растяжении-сжатии.

Для моделирования поведения композитных образцов используется метод конечных элементов (МКЭ) [1]. Данный метод предполагает послойное моделирование композитной конструкции, при котором слои соединены между собой с помощью когезионного контактного взаимодействия. Каждый слой пакета имеет соответствующую ориентацию и учитывает механические и прочностные свойства монослоя, межслоевое пространство имеет прочностные свойства межслоевого интерфейса [2,3]. Применение данного подхода при анализе напряжённо-деформированного состояния конструкций обеспечивает возможность комплексного учёта как последовательного разрушения отдельных слоёв, так и явлений деламинации. Представленный расчетный метод численного моделирования позволит получить картины разрушения наиболее близкие к реальным при условии корректного задания свойств, а также учета таких параметров, как тип и геометрия образцов, размеров оснастки, скорости проведения испытаний, поскольку они существенно влияют на распределение напряжений и деформаций. Аналогичные методы численного моделирования находят активное применение в современных научных исследованиях, демонстрируя высокую корреляцию с экспериментально полученными данными. Ключевым ограничением данного метода выступает необходимость значительных вычислительных затрат и временных ресурсов.

Для детальной оценки напряжённо деформированного состояния элементарных образцов рассматривался критерий разрушения 3D Хашина с прогрессирующим разрушением [4], которое реализуется с помощью обнуления элементов матрицы жесткости.

Анализ построенных диаграмм деформирования демонстрирует, что с увеличением толщины пакета слоев наблюдается последовательное уменьшение как максимальных деформаций, так и напряжений. В исследовании выведен коэффициент, количественно оценивающий отклонения результатов классической ламинатной теории от численного моделирования.

Таким образом, предложенный метод существенно сокращает количество физических испытаний, повышая при этом точность предсказания поведения материала, а также позволяет оценить максимально-допустимые деформации на ранних этапах проектирования. Данное исследование представляет значительный интерес для разработки эффективных композитных материалов и совершенствования методов численного моделирования сложных конструктивно-анизотропных панелей.

Список используемых источников:

1. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.

2. Abir M. R. et al. On the relationship between failure mechanism and compression after impact (CAI) strength in composites // *Composite Structures*. – 2017. – Vol. 182. – С. 242-250.
3. Chen F., Yao W., Jiang W. Experimental and simulation investigation on BVID and CAI behaviors of CFRP laminates manufactured by RTM technology // *Engineering Computations*. – 2021. – Vol. 38. – №. 5. – С. 2252-2273.
4. Bolshikh A.A., Shelkov K.A., Borovkov D.K., Turbin N.V. Comparative evaluation of mathematical models of polymer composite material with the implementation of a three-dimensional stress–strain state in the simulation of impact // *Aerospace Systems*. – 2024. URL: DOI: 10.1007/s42401-024-00286-1.

Определение оптимальной схемы струйной системы защиты двигателей магистральных самолетов от попадания посторонних предметов

Ушаков И.О.

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

Проектирование каждого воздушного судна заключается в разработке такого проекта, реализация которого в рамках существующих ограничений обеспечивала бы наиболее эффективное выполнение целей проектирования [1]. Эффективность воздушного судна, как объекта проектирования, должна рассматриваться в определенном диапазоне ожидаемых условий эксплуатации.

Одним из ограничений при формировании ожидаемых условий эксплуатации магистральных самолетов может явиться высокая вероятность попадания посторонних предметов в низкорасположенные турбовентиляторные двигатели. Это приводит к появлению значительных повреждений элементов конструкции двигателей и, как следствие, к снижению уровня безопасности полетов [2]. Основная причина данного явления – формирование интенсивного вихреобразования перед дозвуковым воздухозаборником турбовентиляторного двигателя, которое захватывает посторонние предметы с поверхности аэродрома.

Разработка эффективного комплекса мер, направленного на защиту силовой установки и агрегатов эксплуатирующихся магистральных воздушных судов, может позволить значительно расширить диапазон их ожидаемых условий эксплуатации. В свою очередь, расширение диапазона ожидаемых условий эксплуатации, повышает транспортную и экономическую эффективность воздушного судна. Комплекс таких мер, как правило состоит из эксплуатационных методик и конструктивных доработок воздушного судна.

Эксплуатационные методики снижения вероятности попадания посторонних предметов представляют собой специальные методы эксплуатации воздушных судов и аэродромов. Например, специальные методы поддержания взлетно-посадочных площадок в пригодном состоянии или применение программ использования режимов работы двигателя, при которых существенно снижается вероятность попадания посторонних предметов.

Конструктивные доработки для снижения вероятности попадания посторонних предметов, как правило, представляют собой специальные устройства, применяемые в составе воздушного судна. Например, сетки, улавливающие посторонние предметы на входе в воздухозаборник, которые нашли свое применение в составе маневренных воздушных судов, или специальные перепускные каналы во входном устройстве турбовинтовых двигателей.

В настоящей работе для исключения возможности формирования интенсивного вихреобразования предлагается использование струйной системы в составе турбовентиляторного двигателя, которая реализуется посредством конструктивной доработки. Рассмотрены различные принципиальные схемы реализации предлагаемой системы. Для выбора оптимальной схемы проведен сравнительный анализ их преимуществ и недостатков с использованием методов математического моделирования. Основное внимание уделено эффективности подавления вихреобразования и минимизации влияния на характеристики газовойоздушного потока на входе в двигатель.

Для математического моделирования использован программный комплекс ANSYS Fluent, позволяющий выполнять расчеты вычислительной гидрогазодинамики [3]. Представлены результаты моделирования, подтверждающие эффективность предложенной струйной системы в подавлении вихреобразования и предотвращении попадания посторонних предметов.

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.
2. Ушаков, И. О., Серебрянский С.А. Разработка способа защиты низкорасположенных турбовентиляторных двигателей от попадания посторонних предметов // Вестник Московского авиационного института. – 2024. – Т. 31, № 2. – С. 35-43.
3. Ушаков И.О., Серебрянский С.А. Математическое моделирование процесса вихреобразования на входе в дозвуковой воздухозаборник магистрального самолета // Инженерный журнал: наука и инновации – 2024. № 2 (146).

Исследование применения адаптивного ЦПГО самолета при маневрировании

Цапков И.Д.

Научный руководитель — Плыкин Е.И.

МАИ, Москва

Цель работы – определение влияния отклонения передней и задней кромок консолей цельноповоротного горизонтального оперения (ЦПГО) на увеличение аэродинамической силы управления.

Задачей проектирования ЦПГО является определение его параметров: площади, геометрической формы, углов стреловидности по передней, задней кромкам, относительной толщины и кривизны профиля.

При отклонении консоли ЦПГО возникает увеличение аэродинамической силы только до определенного угла, а при его дальнейшем увеличении образуется срыв пограничного слоя обтекающего воздушного потока, и аэродинамическая сила резко уменьшается. При фиксированных углах отклонения кромок может также образовываться срыв воздушного потока из-за несоответствия их положения и угла атаки, поэтому целесообразно применение адаптивного ЦПГО, при котором можно изменять угол отклонения его передней и задней кромок.

В работе рассмотрены различные варианты комбинаций отклоняемого носка и хвостовика консоли ЦПГО при его отклонении для управления ЛА самолетного типа в сравнении с «немеханизированной» консолью. Механизированная консоль имеет большую аэродинамическую силу при любом угле ее отклонения, что увеличивает управляющий момент тангажа и (или) крена для повышения маневренных перегрузок, а также позволяет уменьшить площадь консолей и углы их отклонения, что уменьшает сопротивление при маневрировании.

По результатам расчетов были определены наиболее эффективные законы управления «механизированными» консолями ЦПГО, адаптированные углам отклонения при маневрировании ЛА самолетного типа.

Список используемых источников:

1. Проектирование самолетов (2018) Учебник для ВУЗов. — М.А. Погосян, Н.К. Лисейцев, Д.Ю. Стрелец и др. — 5-е изд. — Москва: Инновационное машиностроение, 2018.
2. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов Издательство: Машиностроение, 2-е издание, 1995 г.
3. Динамика полета самолета. Расчет траекторий и лётных характеристик: учебное пособие / Т.А. Баянзина — Самара: Издательство Самарского университета, 2023.
4. Сурин В.П. Методические указания к выполнению курсовых работ по динамике полета. Учеб. Пособие. Изд. МАИ. 2002 г.

К вопросу об определении жесткостных характеристик несущего винта вертолета по результатам прочностных испытаний

Шайхаттарова А.Р.

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

КНИТУ-КАИ, Казань

Существующая практика определения изгибной жесткости несущего винта вертолета в плоскости тяги опирается на принятые сегодня стандарты испытаний, которые определяют конструкцию стенда и средств измерений. Так, при определении изгибной жесткости лопасти несущего винта положение плоскости хорды должно быть строго горизонтальным. Устройство для измерения прогибов устанавливается в типовом отсеке лопасти в зоне $r=(0,5-0,9)$. Например, при испытании лопасти вертолета АНСАТ использовалась база измерений длиной 500 мм. По экспериментальным данным вычисляются приращение изгибающего момента и соответствующее приращение кривизны. Это позволяет по известным зависимостям легко определить искомую изгибную жесткость лопасти. Результаты испытаний, выполненных разными по квалификации сотрудниками, к сожалению, могут на 5-10% отличаться между собой. Проблема восстановления изгибной жесткости балки по данным измерений в процессе эксперимента и возможного роста погрешностей в результате некорректной обработки его результатов была подробно рассмотрена еще Пархомовским Я.М. Там же предлагается эффективный метод, основанный на интегральных зависимостях. Предпочтение интегральному методу при определении жесткостей элементов конструкций по результатам испытаний отдается и в работе. Увеличение измеряемой базы по длине практически не влияет на рост трудоемкости испытаний.

Таким образом, целью данной работы является нахождение современных методов проведения эксперимента и корректной обработки его результатов, повышающих достоверность экспериментальных исследований.

Список используемых источников:

1. Пархомовский Я.М. Замечания об определении жесткости балок по заданным деформациям и решении некоторых интегральных уравнений Вольтерра первого рода. // Ученые записки ЦАГИ. 1987. Т.18. №5, с. 102-105.
2. Костин В.А., Валитова Н.Л., Филясова В.И. «Об одном подходе к определению жесткости крыла по заданным деформациям, основанному на решении интегральных уравнений методом конечных сумм», Вестник МАИ, 2024, т. 31. №4. Стр. 123-130.

Исследование эффективности применения аддитивных технологий в изготовлении рам квадрокоптеров

Шевкунов С.П., Миловидов А.В.

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

МАИ, Москва

В последние годы востребованность в беспилотниках растет во многих сферах жизни, начиная от сельского хозяйства и заканчивая развлекательной индустрией. На данный момент существует множество различных видов беспилотных летательных аппаратов, как и по конструкции, так и по применяемым материалам.

В исследовании рассматривается возможность использования аддитивных технологий в изготовлении рамы квадрокоптера, а также проводится оценка эффективности применяемой технологии по массовым и прочностным параметрам. Стоит отметить, что аддитивные технологии с применением послойного экструзионного наплавления полимеров обладают достаточной простотой и дешевизной, а также позволяют изготавливать детали сложной геометрии, что является существенным фактором при оптимизации геометрических параметров конструкции.

В ходе работы выбрана конструкция квадрокоптера, представляющая собой конфигурацию Н4. При выбранной конфигурации конструкция обладает четырьмя лучами с двигателями, расположенными на их концах. Моторы располагаются выше центра тяжести для повышения устойчивости во время полета. Основные характеристики, которые были

получены в ходе выбора конструкции квадрокоптера: масса рамы равная 180 г; тяга отдельного мотора – 4,5 Н; масса квадрокоптера – 600 г. Максимальная эксплуатационная перегрузка составляет 3 единицы.

На первом этапе исследования в качестве материала лучей квадрокоптера выбран пластик на основе полилактида (PLA), как один из наиболее жестких и доступных материалов.

Зная исходные параметры, был спроектирован первый прототип конструкции и проведена топологическая оптимизация конструкции исходя из задачи минимизации веса и податливости структуры [1] Конструкционная силовая схема луча изначально является балкой, с сечением в виде прямоугольника.

Далее на основе полученной геометрии в результате оптимизации создана конечно-элементная модель в Abacus, следуя базовым рекомендациям руководства [2]. При выполнении анализа рассмотрен расчетный случай при полной тяге двигателей [3,4] с максимальным полетным весом. Приведя случай к статической постановке согласно принципу Даламбера, произведен статический расчет в конечно-элементной постановке полимерного луча с учетом анизотропии свойств материала и оптимизированной топологии исходной конструкции.

Однако ввиду сложности поведения материала, а также технологических особенностей и дефектов изготовления, возникла необходимость верификации поведения материала при нагружении.

При проведении натурных исследований из полилактида с известными упругими и прочностными характеристиками и применением послойной трехмерной печати изготовлены лучи квадрокоптера, геометрия. Экспериментальные исследования проводились до разрушения конструкции на нескольких образцах, с целью исключения влияния случайно возникших дефектов. Разрушающие нагрузки были обеспечены с помощью подвеса груза к месту установки двигателя. Результаты испытаний при сравнении с расчетными данными показали хорошую сходимость получаемых величин.

В завершающей фазе проведено сравнение весовых и прочностных параметров луча квадрокоптера, выполненного с применением трехмерной печати и аналогичной конструкции из углеволокна при условии равных жесткостей.

По результатам исследования можно заключить, что применение аддитивных технологий является возможным и относительно дешевым подходом при создании силовых элементов конструкции летательных аппаратов, отвечающих принятым при проектировании прочностным и жесткостным требованиям, но их весовая эффективность хуже, чем у изделий с КСС из углеволоконных композитов.

Список используемых источников:

1. Зотов А.А. РАСЧЕТ САМОЛЕТА НА ПРОЧНОСТЬ: разрушающие напряжения, несущая способность, методы расчета. – 1 изд. – Москва: Вузовская книга, 2024. – 112 с.
2. Электронное методическое пособие «SIMULIA Abaqus. Решение прикладных задач». – Москва: ТЕСИС, 2015. – 121 с.
3. Зотов А.А. РАСЧЕТ САМОЛЕТА НА ПРОЧНОСТЬ. Шасси, композитное проектирование, безопасная повреждаемость. – 1 изд. – Москва: Вузовская книга, 2020. – 56 с.
4. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? – Москва: Химия, 1992. – 320 с.

Сравнительный анализ методик расчета долговечности стыковых соединений

Шипунов С.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.
МАИ, Москва

Работа посвящена сравнительному анализу результатов, полученных при расчете различными методами определения долговечности и ресурса стыков конструкции панелей фюзеляжа, оценки полученных результатов и применение при проектировании конструкций

с учетом долговечности и ресурса конструкции. Данное исследование необходимо для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации летательных аппаратов.

Стыки, как наиболее напряженные участки конструкции, являются критическими элементами, определяющие общий срок службы.

Сравнительный анализ различных методик расчета долговечности и ресурса стыков, позволяющий выбрать наиболее эффективный подход для проектирования и оценки живучести конструкции фюзеляжа.

Основные задачи:

1. Поиск и анализ существующих методик определения долговечности конструкции, особенно в изучении напряженно-деформируемого состояния в стыковых соединениях.

2. Разработка твердотельной модели стыка панелей фюзеляжа и проведение КЭМ расчета стыка конструкции.

3. Проведение расчета на долговечность конструкции различными методиками.

4. Сравнительный анализ полученных результатов по критерию долговечности.

5. Оценка результатов проведенного анализа.

В работе приводятся результаты проведенных расчетов по различным методикам определения долговечности конструкции, их сравнительный анализ по критерию долговечности и ресурса, и выводы по применимости тех или иных методик при проектировании конструкции с учетом долговечности и живучести конструкции летательных аппаратов для повышения надежности и долговечности проектируемой конструкции.

Список используемых источников:

1. Стрижиус В.Е. Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкции: справочное пособие. – М.: Машиностроение, 2012. – 272 с. ISBN 978-5-94275-652-9.

2. Попов Ю.И., Кравченко Г.Н., Казанцев В.В. // Оценка несущей способности составной конструкции самолета из металла и композита // Полет, №4, 2020. С. 43-51.

3. 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 // EDN PJOIAQ.

4. Гавва Л.М., Фирсанов В.В. // Математические модели и методы расчета напряженно-деформированного состояния панелей летательных аппаратов из композиционных материалов с учетом технологии изготовления // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2020. – № 3. – С. 122-123.

Метод FFD для параметризации геометрии в задачах аэродинамической, структурной и многодисциплинарной оптимизации

Широков М.В.

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

МАИ, Москва

Современные задачи проектирования летательных аппаратов требуют глубокой оптимизации всех систем. Ключевым элементом эффективной оптимизации является параметризация геометрии. Одним из наиболее мощных и универсальных подходов является метод Free-Form Deformation (FFD), основанный на модификации формы объекта путём деформации контрольной объёмной решётки. В данной работе рассматриваются основные принципы FFD, его математическая основа, преимущества, недостатки и примеры применения в задачах аэродинамической, структурной и многодисциплинарной оптимизации.

Метод FFD основан на представлении геометрии или сетки объекта оптимизации в параметрическом пространстве, где каждая точка объекта деформируется в соответствии с изменением координат контрольной решётки. Метод использует трёхмерное представление на основе B-сплайнов или NURBS, что обеспечивает контролируемую гладкость поверхности и высокую точность параметризации деформаций [1].

Контрольные точки FFD размещаются в трёхмерном пространстве и образуют регулярную решётку, определяющую параметрическое пространство. Любая точка исходного объекта с координатами в декартовой системе (x, y, z) отображается в параметрические координаты (u, v, w) внутри FFD-бруса с использованием численных методов, таких как метод Ньютона. После этого деформация объекта достигается за счёт смещения контрольных точек, что автоматически изменяет положение всех узлов сетки, находящихся внутри FFD-бруса.

Смещение контрольных точек приводит к изменению геометрии встроенного объекта, что делает их ключевыми проектными переменными в задачах оптимизации. FFD позволяет задавать как локальные, так и глобальные проектные переменные. Локальные переменные управляют отдельными контрольными точками и подходят, например, для изменения геометрии профиля крыла. Глобальные переменные представляют собой группы контрольных точек, способные изменять удлинение крыла, угол стреловидности, размах и другие параметры.

Одним из ключевых преимуществ метода FFD является то, что он не создаёт новую геометрию, а лишь смещает узлы существующей сетки. Это делает процесс оптимизации независимым от генерации новой геометрии и расчётной сетки, что значительно снижает вычислительные затраты и упрощает процесс моделирования [2].

Оптимизация с использованием FFD-подхода, как правило, требует большого количества проектных переменных. Это приводит к высокой размерности задачи оптимизации. Для эффективного решения таких задач наилучшим образом подходят градиентные методы оптимизации, которые используют информацию о производных целевой функции по проектным переменным.

В задачах аэродинамической оптимизации метод FFD применяется для параметризации аэродинамических поверхностей ЛА, таких как крыло, фюзеляж, воздухозаборники и другие. Использование FFD обеспечивает возможность одновременного управления ключевыми геометрическими характеристиками, включая форму аэродинамического профиля, удлинение крыла, угол стреловидности и кривизну поверхностей [3]. В области структурной механики метод FFD используется для топологической и параметрической оптимизации конструктивных элементов с целью минимизации массы, повышения жёсткости и снижения локальных напряжений. В частности, FFD позволяет модифицировать толщину и форму элементов силового набора крыла, а также определять оптимальные параметры отсечки обтекания. В задачах многодисциплинарной оптимизации FFD демонстрирует особую эффективность, поскольку может параметризовать одновременно аэродинамическую поверхность и форму силовых элементов конструкции.

Ключевыми преимуществами FFD являются:

- универсальность – метод применим к объектам любой сложности;
- снижение вычислительных затрат – за счёт использования существующей геометрии без её перестроения;
- совместимость с численными методами – легко интегрируется с CFD и FEM.

Однако у метода есть и недостатки:

- ограниченность в случае больших деформаций;
- высокая размерность задачи;
- зависимость от качества первоначальной расчётной сетки.

FFD является мощным инструментом управления геометрией, а его сочетание с градиентными методами оптимизации позволяет находить оптимальные решения в задачах высокой размерности с минимальными вычислительными затратами.

Список используемых источников:

1. Thomas W. Sederberg and Scott R. Parry. 1986. Free-form deformation of solid geometric models. SIGGRAPH Comput. Graph. 20, 4 (Aug. 1986), 151–160.
2. 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.
3. Широков, М. В. Оптимизация аэродинамической формы изолированного крыла сверхзвукового пассажирского самолета второго поколения / М. В. Широков, Д. Ю. Стрелец,

Анализ форм днища корпуса-лодки перспективного вертолета-амфибии

Якимова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Макеев П.В.

МАИ, Москва

Возможность взлёта и посадки с водной поверхности делает вертолёт-амфибию по-настоящему «вездесущим» винтокрылым летательным аппаратом. При этом разработка такой машины весьма наукоёмка, поскольку помимо аэродинамических расчётов вертолёт, необходимо провести расчёт его мореходности. Существующая методика расчёта мореходности гидросамолёта к вертолёту-амфибии может быть применима лишь частично, поскольку вертолёт, в отличие от самолёта, будет двигаться по воде с отрицательным углом атаки, что даёт совершенно другую картину обтекания днища потоками воды.

В данной работе проанализированы формы днища, применяемые в конструкциях существующих моделей вертолётных и гидросамолётных. Исследование включало в себя сравнение по углу килеватости, наличию редана и форме скулы. Таким образом на основе анализа прототипов проработаны области применения винтокрылых летательных аппаратов и выполняемые ими функции. Исследованы климатические условия и типы водоёмов (реки, озёра, моря, океаны), в которых может работать вертолёт-амфибия. Для рассмотренных областей применения сформулированы требования к характеристикам вертолётной на воде, которые должны соответствовать Нормам лётной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории.

На основе анализа различий между полученными техническими требованиями и спецификой взлёта, посадки, глиссирования и нахождения на воде гидросамолётной лодочного типа выбран базовый вариант днища, который в дальнейшем проектировании может быть подвергнут параметрической оптимизации.

Список используемых источников:

1. Ружицкий Е. И. Вертолёты. – Москва, «Виктория-АСТ», 1997, Том 1: с 142–143; Том 2: с 120–130, 190–193.
2. Косоуров К. Ф. Курс гидроавиации – ОНТИ НКТП СССР, 1937.
3. Приказ Росавиации от 07.12.2022 N 890-П «Об утверждении Норм лётной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории НЛГ 29».
4. Портал Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) – portal.esimo.ru.

Секция №1.3 Математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия и качеством

Управление качеством данных информационных систем

Егоркина А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

В современную эпоху цифровых технологий данные стали неотъемлемой частью нашей жизни. Их даже называют нефтью современности. И это правда, потому что мы живём в век цифровых технологий, когда все расчеты, аналитика и бизнес зависят от качества и доступности данных. И от того, насколько они будут корректные, будет зависеть результат работы.

Прежде всего, качество данных напрямую влияет на принятие решений. Организации, использующие недостоверные или неполные данные, рискуют принимать неправильные решения, что может привести к финансовым потерям, снижению конкурентоспособности и даже к утрате репутации.

При этом высокое качество данных способствует повышению эффективности бизнес-процессов. Компании, которые инвестируют в управление данными и их качество, могут значительно сократить время на анализ и обработку информации, оптимизировать процессы и затраты. Это позволяет быстрее реагировать на изменения рынка и потребностей клиентов, что в свою очередь увеличивает прибыль и укрепляет позиции на рынке.

Качество данных влияет на научные исследования и инновации. В эпоху больших данных (BigData) и аналитики точные и достоверные данные стали основой для разработки новых технологий и решений. Исследования в области здравоохранения, энергетики, информационных технологий и многих других областях зависят от качества используемых данных и их структурирования.

Качество данных в авиации и беспилотных технологиях является основополагающим фактором их успешного и безопасного функционирования. Точные и надежные данные обеспечивают безопасность полетов, оптимизируют процессы технического обслуживания и открывают новые возможности для инноваций. В условиях роста и развития этих отраслей обеспечение высокого качества данных станет одной из ключевых задач для их устойчивого развития и интеграции в повседневную жизнь.

Сегодня качество данных стало ключевым аспектом успешного функционирования организаций и развития современных технологий. Благодаря качественным данным компании могут принимать обоснованные решения, улучшать клиентский опыт и соответствовать нормативным требованиям. В то же время, для достижения высоких стандартов качества данных необходимо преодолевать множество вызовов, включая управление большими объемами информации и защиту данных от угроз. В условиях быстро меняющегося мира качественные данные становятся важнейшим ресурсом, способствующим развитию инноваций и построению устойчивого будущего. Инвестиции в улучшение качества данных — это инвестиции в успех и прогресс.

Список используемых источников:

1. Липатов В. А. Управление качеством данных в информационных системах: Теория и практика / Липатов В. А. — Москва: Научное Издательство, 2016 — 240 с.
2. Тихомиров А. А. Методы оценки качества данных в информационных системах / Тихомиров А. А. // Информационные технологии. — 2017. — № 22 (3). — С. 45-53.
3. Семёнова Е. И. Обеспечение качества данных в условиях больших данных: вызовы и решения / Семёнова Е. И. // Обеспечение качества данных в условиях больших данных: вызовы и решения. — Научный Центр: Научный Центр, 2018. — С. 112-119.

Искусственный интеллект в интегрированных системах управления техническим состоянием бортового оборудования

Колобков Г.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов С.В.

МГТУ ГА, Москва

Современные авиационные системы, такие как цифровая авионика, становятся сложнее, что увеличивает затраты на их обслуживание. Около 30% общих расходов на обслуживание самолёта приходится на авионику, причём значительная часть связана с прерывистыми отказами и случаями «No Fault Found» (NFF), когда неисправность не подтверждается при диагностике. Эти проблемы усугубляются высокой стоимостью запасных частей и требованиями к безопасности полётов. Прерывистые отказы являются ведущей причиной появления необнаруженных отказов в системах авионики. Средний ожидаемый уровень NFF в авионике находится в пределах от 20% до 50% [1]. Прерывистые отказы сложно обнаружить традиционными методами. Они приводят к увеличению времени простоя самолётов, что снижает экономическую эффективность авиакомпаний, а растущее количество случаев NFF увеличивает затраты на ремонт. Для решения этих проблем необходимы более точные методы диагностики, способные прогнозировать отказы на основе анализа больших объёмов данных.

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в интегрированную систему управления техническим состоянием бортового оборудования (ИСУТС) позволяет улучшить диагностику, прогнозирование отказов и оптимизировать процессы обслуживания, снижая затраты и повышая надёжность эксплуатируемых блоков. Основой ИИ в системе является математическая модель технической эксплуатации (ТЭ) для LRU (Line Replaceable Unit), учитывающая различные отказы и внешние факторы [2]. Модель строится на данных реальной эксплуатации и использует метод Монте-Карло для анализа случайных факторов. Обучение ИИ на реальных данных эксплуатации и больших выборках случайных состояний объектов контроля позволяет создавать адаптивные системы, способные точно выявлять и предсказывать отказы, предлагать оптимальные стратегии обслуживания [3].

Преимущества ИИ в ИСУТС:

1. Точность диагностики: ИИ анализирует данные в реальном времени, выявляя даже сложные прерывистые отказы, и уменьшает количество случаев NFF.
2. Оптимизация обслуживания: прогнозирование отказов позволяет планировать обслуживание заранее, снижая время простоя и оптимизируя запасы запасных частей [3].
3. Безопасность полётов: раннее выявление проблем предотвращает серьёзные отказы, повышая надёжность авионики.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) эффективны для анализа временных рядов, что делает их хорошо подходящими для обработки данных с датчиков объектов контроля в реальном времени. Модификации RNN, такие как LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Units), способны учитывать долгосрочные зависимости в данных, что позволяет прогнозировать отказы на основе изменений параметров работы систем самолёта. Например, RNN могут анализировать данные о напряжениях, токах и температуре от объекта контроля, чтобы обнаружить аномалии, которые могут быть связаны с прерывистыми отказами, упреждая выход контролируемого объекта за пределы допустимых эксплуатационных параметров. Это позволяет перейти от реактивного обслуживания, когда действия предпринимаются после возникновения проблемы, к предиктивному, когда техническое вмешательство планируется заранее.

Large Language Models (LLM), напротив, лучше всего справляются с обработкой текстовой информации. В контексте ИСУТС они могут анализировать техническую документацию, такую как руководства по технической эксплуатации (РТЭ) и техническому обслуживанию (РТО), извлекать из них данные и создавать отчёты. Например, RNN в результате анализа параметров объекта контроля обнаруживает аномалию в его работе. Выходные данные от RNN по прогнозированию дальнейшего состояния объекта получает LLM, способная в соответствии с технической и эксплуатационной документацией применить эти данные, создавая понятные для инженерно-технического персонала отчёты с

конкретными рекомендациями по устранению проблемы. Это упрощает процесс принятия решений и ускоряет реакцию на возникающие неисправности.

Гибридный подход, сочетающий сильные стороны RNN и LLM, демонстрирует наибольшую эффективность. RNN анализируют параметры работы систем самолёта, выявляя аномалии и прогнозируя отказы, а LLM обрабатывают эти данные от RNN, предоставляя инженерам понятные и правильно интерпретируемые рекомендации. Такой подход не только повышает точность диагностики, но и делает процесс обслуживания более удобным и эффективным. Использование RNN и LLM в ИСУТС позволяет не только прогнозировать отказы и анализировать данные в реальном времени, но и обеспечивать верную интерпретацию результатов инженерно-техническим персоналом, что делает систему технического обслуживания более интеллектуальной и адаптивной.

Таким образом, интеграция ИИ в ИСУТС повышает точность диагностики, оптимизирует обслуживание и увеличивает безопасность полётов. Использование математических моделей, метода Монте-Карло и нейронных сетей позволяет прогнозировать отказы и предлагать оптимальные стратегии, снижая затраты и повышая надёжность авиационных систем.

Список используемых источников:

1. Raza, Ahmed. (2018). Maintenance Model of Digital Avionics. Aerospace. 5. 38. 10.3390/aerospace5020038.
2. Воробьев В.Г., Зыль В.П., Кузнецов С.В. Основы теории технической эксплуатации пилотажно-навигационного оборудования: монография. – М.: Транспорт, 1999. – 335 с.
3. Дубинский С.В., Стелков В.В. Перспективные направления исследований в интересах построения комплексной системы управления безопасностью полётов // Труды МАИ. – 2023. – № 133. – 33 с.

Программное обеспечение для анализа результатов испытаний авиационных сплавов: методы создания и применения для оценки циклической долговечности модельного диска

Королев Н.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Худякова А.Д.

ЦИАМ, Москва

Оценка циклической долговечности деталей авиационных двигателей и других ответственных конструкций требует глубоких знаний о свойствах материалов. Создание приложения для анализа прочностных характеристик сплавов позволяет систематизировать данные о поведении материалов при различных типах нагружений. Это существенно упрощает процессы моделирования, расчетов и прогнозирования ресурса изделий.

Ранее в этой сфере активно применялась американская программа “ANSYS GRANTA”, предоставлявшая доступ к широкой базе данных материалов. Однако в последнее время выдача лицензий российским компаниям была приостановлена из-за ограничений на поставки программного обеспечения. Это потребовало разработки собственного программного комплекса, который мог бы обеспечивать доступ к характеристикам материалов и проводить их анализ.

Программное решение было выполнено в форме веб-приложения на языке Python с использованием фреймворка Django, а хранение данных осуществлено через PostgreSQL. В настоящий момент загрузить данные в приложение возможно с помощью ручного ввода, а также с помощью специальных таблиц Excel. Для данных результатов испытаний на малоцикловую усталость и статическую прочность реализован анализ, построение и выгрузка графиков, выгрузка информации в таблицу Excel, а также выгрузка данных для дальнейшего конечно-элементного расчета. В работе представлены результаты прогнозирования циклической долговечности модельного диска с использованием модели билинейного изотропного упрочнения и кривой усталости, полученной при испытаниях образцов в отнулевом цикле.

Список используемых источников:

1. «Клиент-серверное приложение для хранения результатов механических испытаний авиационных силовов» («Avima2024»). Сапронов Д.В., Худякова А.Д., Королёв Н.И. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024691403, 13.01.2025.

Построение функции Ляпунова для автономной динамической системы

Кунгурцев А.М.

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

МАИ, Москва

Метод построения функции Ляпунова для автономных динамических систем является важной задачей в теории устойчивости. Автономные системы, описываемые дифференциальными уравнениями, требуют особого подхода к анализу их устойчивости, особенно в условиях разнообразных внешних воздействий

Исследование устойчивости движения динамических систем связана с концептуальной проблемой построения функции Ляпунова. Согласно прямому методу Ляпунова, функция и ее производная по времени должны быть знакоопределенными, с противоположными знаками. Такая функция, в настоящее время, строится лишь для отдельных частных случаев, а общего подхода к её построению нет.

В работе рассматривается подход к построению функции Ляпунова, отдельно для каждого момента времени с дальнейшей аппроксимацией полученных коэффициентов функции Ляпунова на весь отрезок времени, изучаемого процесса. В качестве дискретных функций Ляпунова приняты квадратичные, положительно определенные формы, и аппроксимация здесь проводится по коэффициентам этой квадратичной формы. Процесс аппроксимации проводится в классе конечных рядов Фурье.

Рассмотренный подход был апробирован на задаче выбора оптимального решения движения спускаемого аппарата в атмосфере Марса. В качестве управляющей функции была принята величина, обратная баллистическому коэффициенту. Уравнения движения записываются для центра масс аппарата в атмосфере не вращающейся планеты.

В задаче требуется найти такой режим движения летательного аппарата, на котором функционал описывающий суммарный тепловой поток в критической точке – минимален.

Список используемых источников:

1. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966.
2. Красовский Н.Н. Второй метод Ляпунова в теории устойчивости движения, Тр. Всесоюзного съезда по теоретической и прикладной механике, АН СССР, 1962.
3. Барбашин Е.А., Бисярина Л.П., Об устойчивости решений интегро-дифференциальных уравнений, Изв. Вузов, матем., 1963, №3 (34).

Разработка программного обеспечения математической модели авиационного метеорада

Матюнин В.И.

Научный руководитель — Гнедов А.В.

ФАУ ГосНИИАС, Москва

Современные требования безопасности обязывают устанавливать на воздушные судна метеонавигационную радиолокационную станцию. МНРЛС информирует пилотов о состоянии погодных условий, возникающих по маршруту следования, в своём составе они содержат: антенно-приемопередающий модуль, пульт управления, индикатор метеобстановки и вычислитель, содержащий алгоритмы обработки сигналов, обеспечивающие точное обнаружение осадков, турбулентности и сдвига ветра. Разработка точных математических моделей таких станций необходима для создания реалистичных тренажеров, используемых для обучения пилотов.

Процесс разработки программного обеспечения математических моделей состоит из анализа технической документации и эксплуатационных характеристик конкретной МНРЛС. Для создания модели используется модульный подход, и выполняются следующие задачи: определить подход к хранению и обработке данных метеоявления; реализация функций,

определяющих режимы работы устройства; вывод данных о метеособытиях в формате ARINC 708 на навигационный дисплей.

При разработке модели особое внимание уделяется: считывание данных изображений слоев метеорологического явления; отладка выходных данных, чтобы точно передать визуальную индикацию. Кроме того, требуется оптимизация модели, чтобы гарантировать ее работу в реальном времени в рамках тренажера.

Для валидации полученного результата работы модели МНРЛС проводятся приёмодаточные тесты, которые показывают соответствие системы технической документации, а также проводится её оценка пилотами-экспертами. Это позволяет убедиться в точности модели для широкого спектра ситуаций.

Валидированная математическая модель метеорадара повышает реалистичность авиационных тренажеров, в которых она будет применяться, предоставляя пилотам точное представление о работе МНРЛС. Режимы сканирования местности, и вертикальный профиль сканирования, делают тренажер полезным инструментом для обучения пилотов. Это способствует более качественной подготовке экипажей и повышению безопасности полетов.

Оптимизация процесса моделирования регулярных зон авиационных конструкций

Николенко М.Д., Гурин К.А., Куликова М.А.
МАИ, Москва

Применение систем автоматизированного проектирования для разработки авиационных конструкций началось с середины 80-х годов. На протяжении долгого времени самой популярной программой, выполняющей данную задачу, является NX, созданный компанией Siemens PLM Software. Программа основывается на ядре трехмерного моделирования Parasolid, включает в себя весь комплекс конструкторско-технологических модулей. При моделировании большинства деталей используется метод опорной геометрии, который заключается в создании геометрических связей с другими деталями, что значительно упрощает определение расположения деталей, их геометрических параметров относительно друг друга.

Время – важнейший ресурс предприятия, его правильное использование напрямую влияет на конечную стоимость изделия. На сегодняшний день многие разработчики стремятся сократить время создания конструкторской документации, стремясь сохранить ее качество. Добиться данной цели возможно благодаря высокой степени оптимизации процесса моделирования.

Одним из вариантов оптимизации является унификация создания геометрии деталей для регулярных зон конструкций. Дерево построения модели создается таким образом, чтобы была возможность перенести его в новую модель, изменяя только объекты привязки геометрии.

При копировании дерева построения нередко можно столкнуться с программными ошибками, из-за которых перенос геометрии производится некорректно или не производится совсем.

Цель работы – составить перечень инструментов NX, использование которых не приводит к ошибкам и позволяет оптимизировать процесс моделирования.

В рамках исследования проведен анализ наиболее часто используемых функций NX, выявлены ошибки и составлена рекомендация создания модели с возможностью переноса ее дерева построения. В качестве примера приведена последовательность создания стрингеров конструкции регулярной зоны фюзеляжа самолета.

Список используемых источников:

1. Юров А.Н., Кольцов А.С., Апсальмова Р.Д. – Автоматизация трёхмерного моделирования конструкций в системе NX. Статья в сборнике трудов конференции. – Воронеж: Воронежский институт ФСИН России, 2015.
2. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Коршиков С.Б. – NX для конструктора-машиниста. Учебное пособие. – Москва: Издательство ДМК Пресс, 2010, 66 с.
3. Справка NX 10 – Siemens PLM Software.

Система сопровождения жизненного цикла высокоответственных электроприводов авиационного применения

Осипов Д.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горбачев В.О.

СГТУ имени Гагарина Ю.А., Саратов

Электропривод, являясь структурной составляющей системы управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА), должен соответствовать высоким требованиям по отказобезопасности и надежности [1]. В связи с чем разработка высокоответственных электроприводов является актуальной задачей по развитию одного из наиболее перспективных направлений авиастроительной отрасли – БПЛА.

Расширение теории и практики электромеханики, цифровых технологий, технических систем и аппаратных средств позволяют сформировать особый подход по оптимизации жизненного цикла электроприводных систем. Одной из ключевых технологий, обеспечивающих возможность управления технологическими операциями сопровождения изделия на каждом этапе жизненного цикла, является технология цифровых двойников. Преимущество данной технологии состоит в прогнозировании технического состояния электропривода на глубину, достаточную для принятия проектных, эксплуатационных и организационных решений [2].

За счет различных способов мониторинга информации (сбор информации от специализированных датчиков, использование косвенных методов сбора информации [3]) и последующей ее обработкой цифровым двойником, появляется возможность сформировать автоматизированную выработку экспертной оценки о целесообразности проведения в отношении высокоответственного электропривода обслуживающих мероприятий (осмотра, технического обслуживания, ремонта, замены) и сделать вывод об остаточном ресурсе изделия [4].

В данной работе были сформированы и рассмотрены следующие функциональные возможности системы сопровождения жизненного цикла высокоответственных электроприводов авиационного применения:

1. формирование в отношении каждого образца электропривода конструктивного портрета, позволяющего получать степень загрузки его конструктивных составляющих, соответствующую реальному состоянию, на основании информации о температуре, токопотреблении, издаваемых шумах и вибрациях;
2. регистрация факта исчерпания технического ресурса электропривода, продолжение эксплуатации которого связано с нецелесообразным превышением риска ущерба от аварии;
3. построение программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего сбор и обработку информации о фактическом режиме работы электропривода и ее первичной обработки для передачи в центральный сервер;
4. разработка методов сбора и обработки информации о фактическом и прогнозном состоянии электропривода на центральном сервере и апробация данных методов применительно к высокоответственным электроприводам авиационного применения.

Так образом, результатом работы являются:

1. Сформированная структурная схема сбора и обработки информации, реализующая алгоритм работы системы сопровождения жизненного цикла высокоответственных электроприводов авиационного применения.
2. Экспериментальные установки для сбора информации о тепловом режиме, токопотреблении и издаваемых шумах критически важными конструктивными элементами электропривода.
3. Разработанная методика анализа собранной информации о фактическом режиме работы электропривода, позволяющая выявить нештатный режим работы.

Список используемых источников:

1. Коробейников И.С., Вырханов Д.А., Митяев М.В. Повышение надежности сервоприводов беспилотных летательных аппаратов за счет оптимизации режима работы // Надежность. 2022. Т. 22. № 4. С. 16-22.

2. Вырыханов Д.А., Коробейников И.С. К вопросу построения оптимальных алгоритмов управления электроприводами на основе цифровых двойников // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 5. С. 113-116.

3. Вырыханов Д.А., Коробейников И.С., Угаров Г.Г., Сошинов А.Г. Бездатчиковое определение электромагнитного силового момента формируемого электрическими двигателями // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2022. Т. 9. № 1. С. 14-18.

4. Коробейников И.С., Петров Д.Ю. Математическая модель оценки средней наработки на отказ сервопривода // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3. № 3. С. 29-32.

Методика нагружения конструктивно-подобного образца толстостенной композитной подкрепленной трехпролетной стрингерной панели кессона крыла совместным действием нагрузок от сжатия и сдвига

Переломов К.А.

Научный руководитель — Больших А.А.

МАИ, Москва

Проведение наземных статических и ресурсных испытаний являются неотъемлемой частью проектирования авиационной техники, в которой для сертификации изделия необходимо доказать соответствие требованиям сертификационного базиса. Реализация по испытаниям и моделированию в соответствии с «пирамидой расчетно-экспериментальных исследований» позволяет подтвердить, создать базу данных и выдать замечания по улучшению: выбора материала; технологии изготовления композиционных материалов; конструкторских решений; критериев прочности; методики расчетной прочности. Только после проведения описанных выше уровней пирамиды можно переходить на расчет агрегатов конструкции, а в последствие всей конструкции ЛА [1].

Испытания на уровнях узлов и агрегатов являются дорогими и сложными с точки зрения достижения напряженно-деформированного состояния, возникающего в полете. Поэтому вводятся дополнительные ограничения и допущения, при которых уменьшается точность нагружения испытываемого изделия и также сокращается стоимость проведения испытаний.

Примером подобного упрощения может являться двухпролетная панель, которую испытывают на «сжатие после удара» (с нанесением дефекта 1-ой категории) [2]. Но стоит понимать, что помимо учета возникающих дефектов и повреждений на панелях подобных габаритов, важно создать напряженно-деформированное состояние, наиболее приближенное к полетному, для которой необходимо учитывать составляющую от сдвига. Для учета сдвига необходима специальная кинематическая схема нагружения конструктивно-подобного образца (КПО), в которой возможна реализация подобного НДС с учетом больших действующих нагрузок на панель. Также следует оценивать долю сжатия и сдвига при нагружении, поэтому для подобной оценки приводится эллипс прочности [3], основанный на критерии усеченных максимальных деформаций волокна.

В работе предлагается кинематическая схема нагружения конструктивно-подобного образца толстостенной композитной подкрепленной трехпролетной стрингерной панели кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета комбинацией сжатия и сдвига, приводится полученный аналитически эллипс прочности и сравнение с результатами численного моделирования в ПО Abaqus CAE. Разработанный стенд на основе кинематической схемы [4] позволяет проводить испытания КПО с учетом дефектов различных категорий и может использоваться для доказательства прочности и ресурса композитной панели кессона крыла.

Список используемых источников:

1. Pogosyan M. et al. Aircraft composite structures integrated approach: a review //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 1925. – №. 1. – С. 012005.

2. Bolshikh A. et al. Experimental and computational investigation of stiffened composite panels with compression after impact. – 2024.

3. Полилов А.Н. Экспериментальная механика композитов. Учебное пособие с грифом УМО. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2015. 375 с. ISBN 978-5-7038-4169-3. (2-е издание). Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2016. 375 с.

4. Reewanshu Chadha, John G. Bakuckas, Jr., Gregory Korkosz, Michael Fleming and John Lin. Airframe Beam Structural Test (ABST) Fixture Development: DOT/FAA/TC-TN19/7. – December 2019.

Численное моделирование гребного винта вихреразрешающим методом

Рагулин И.А.

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

МАИ, Москва

В данной работе исследуется обтекание винта в условиях однородного гомогенного потока при трех различных нагрузках на винт. Моделирование винта проводилось в условиях кавитации в кавитационной трубе. Цель данной работы — оценить точность расчета гребного винта коммерческим пакетом. Моделирование проводилось с помощью CFD программного продукта Ansys Fluent. Проводилась оценка и валидация численных результатов путем сравнения с экспериментальными данными.

В качестве объекта исследования в работе рассматривается международный тестовый винт PPTC, разработанный и исследованный в Потсдамском бассейне [1]. Исследовался гребной винт, при трех различных поступях в условиях кавитации. Компьютерное моделирование проводилось при постоянной скорости вращения винта $n=25\text{с}^{-1}$.

Рабочий участок трубы с экспериментального исследования сечения квадратокрыла был перепрофилирован в цилиндрический с той же площадью поперечного сечения. Это позволило моделировать вращение винта путем задания вращающейся системы координат (frame motion).

Расчетная сетка построена с помощью модуля Ansys Fluent Meshing и состоит из 77 млн ячеек многогранного типа вблизи границ и кубического типа в ядре потока. Расчетная сетка строилась из требования обеспечения параметра Y^+ меньшего 1 на поверхности винта.

В настоящей работе для проведения расчетов применяется комбинированный RANS/LES-метод SBES [2]. В области RANS используется низкорейнольдсовская модель турбулентности $k-\omega$ SST. Для решения многофазного течения выбрана модель смеси. Для моделирования кавитации выбрана модель Schnerr-Sauer. Шаг по времени равнялся $5,56 \times 10^{-5}\text{с}$, что соответствовало повороту винта на полградуса.

Результаты CFD хорошо согласуются с экспериментальными данными. Относительные погрешности гидродинамических характеристик винта увеличиваются с ростом поступи. При поступе винта $J=1,019$ коэффициент упора отличается от эксперимента на 3%, коэффициент момента и КПД менее 1%. При поступе винта $J=1,253$ расхождения с экспериментальными данными равны 4%, 1%, 5.5% для коэффициента упора, момента и КПД соответственно. При поступе винта $J=1,408$ относительные погрешности максимальны и равны 4% для коэффициента упора и момента, 7% для КПД. Отклонение интегральных характеристик винта от экспериментальных может быть вызваны различными факторами, помимо ограничений численного метода. Возможные эффекты, обусловленные геометрией кавитационной трубы, которая была упрощена, могут быть источником отклонений. Механизм привода, включая вал винта, также может являться источником погрешностей. Тем не менее величина отклонений между экспериментальными и расчетными характеристиками небольшая и соответствует другим исследованиям гребных винтов, в которых использовались более точные подходы к моделированию турбулентности [3-4].

Список используемых источников:

1. Heinke, H.J. Potsdam Propeller Test Case (PPTC). Cavitation Tests with the Model Propeller VP1304. In SVA Potsdam Model Basin Report No.3753; Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH: Potsdam, Germany, 2011.

2. ANSYS FLUENT. Theory Guide. Release 2024R2. 4.14.2 P. 115-116. ANSYS, Inc. Jan. 2024.

3. Barkmann, U. Potsdam Propeller Test Case (PPTC). Open water tests with the model propeller VP1304. In SVA Potsdam Model Basin Report No.3752; Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH: Potsdam, Germany, 2011.

4. Heinke, H.J. Potsdam Propeller Test Case (PPTC). Cavitation Tests with the Model Propeller VP1304. In SVA Potsdam Model Basin Report No.3753; Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH: Potsdam, Germany, 2011.

Управление жизненным циклом беспилотного летательного аппарата и система контроля качества с помощью средств цифрового производства

Сергеева В.П., Ильичева А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — это летательный аппарат, управляемый автоматически по заданной программе и алгоритмам, без участия человека-оператора (например, крылатые ракеты, самолеты-разведчики).

Их широкое распространение в настоящее время обусловлено рядом факторов.

Во-первых, БПЛА предлагают значительное снижение затрат по сравнению с пилотируемыми аналогами, особенно в операциях, требующих длительного времени в воздухе или доступа в труднодоступные места. Во-вторых, они обеспечивают повышенную безопасность, так как исключают риск для жизни пилотов в опасных условиях. В-третьих, разнообразие моделей БПЛА позволяет решать широкий спектр актуальных на данный момент задач.

Управление жизненным циклом БПЛА можно условно разделить на несколько этапов:

1. Планирование и проектирование. К данному этапу относится определение требований к изделию, выбор типа БПЛА, определение основных компонентов и систем, разработка технической документации и создание 3D-модели.

2. Производство. На втором этапе происходит производство необходимых деталей и узлов изделия, осуществляется сборка компонентов, а также проводятся испытания для проверки работоспособности и соответствия требованиям.

3. Эксплуатация. Этот этап включает в себя подготовку к полету, выполнение запланированных задач, проведение регулярного технического обслуживания и ремонта и мониторинг параметров БПЛА.

4. Вывод из эксплуатации. Данный этап состоит из демонтажа и утилизации изделия, а также архивирования данных, полученных в ходе эксплуатации БПЛА.

Для повышения эффективности производства существует специальное ПО 3DExperience — облачная платформа, предназначенная для проектирования, моделирования, управления данными и совместной работы. Платформа интегрирована с такими CAD-системами, как CATIA, SOLIDWORKS, DELMIA и SIMULIA, что позволяет разрабатывать сложные 3D-модели, анализировать их и выполнять симуляции.

Помимо этого, система включает инструменты управления жизненным циклом продукта (PLM), позволяющие контролировать версии, управлять изменениями, планировать работы и вести документацию. Встроенные модули симуляции позволяют выполнять прочностные расчёты, анализ аэродинамики, тепловых процессов и других характеристик изделий, помогая автоматизировать и оптимизировать производственные процессы.

Жизненный цикл изделия и система контроля качества тесно взаимосвязаны. Система контроля качества БПЛА подразумевает комплекс работ, направленный на обеспечение соответствия изделия установленным требованиям на всех этапах жизненного цикла, от проектирования до утилизации. Выполнив анализ существующих методик проведения контроля качества, был предложен собственный алгоритм, включающий в себя различные методы инспекции и испытаний, анализ отказов и статистический анализ данных для оптимизации процессов поддержания летной годности БПЛА.

Таким образом, целью настоящей научной работы является анализ жизненного цикла беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и применение облачной платформы

3DExperience для проектирования, тестирования и технического обслуживания данных устройств.

Для достижения цели исследования были решены следующие задачи:

1. Описаны основные этапы жизненного цикла БПЛА, включая проектирование, производство, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.
2. Изучены современные методы контроля качества БПЛА и предложен алгоритм оптимизации процессов поддержания летной годности.
3. Оценены возможности платформы 3DExperience в контексте моделирования, симуляции и управления данными на разных этапах разработки и эксплуатации БПЛА.
4. Проведен анализ воздействия неблагоприятных факторов на летательный аппарат и выполнены испытания изделия на основе созданной 3D-модели.
5. Разработан алгоритм проведения технического обслуживания и ремонта БПЛА с применением инструментов 3DExperience.

Список используемых источников:

1. Dassault Systèmes. 3DExperience Platform Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.3ds.com>, свободный. – (Дата обращения: 28.02.2025).
2. Маликов С. В., Иванов А. Н. Современные подходы к проектированию беспилотных летательных аппаратов // Аэрокосмическая техника. – 2021. – № 3. – С. 45–58.
3. Петров В. К. Контроль качества БПЛА на этапах жизненного цикла // Авиастроение XXI века: сб. науч. трудов конф. – М.: МАИ, 2020. – С. 112–120.
4. Сидоров А. П. Применение цифровых двойников для испытаний БПЛА // Труды Международного аэрокосмического форума. – 2019. – Т. 2. – С. 98–107.

Расчёт и натурные испытания компактного гидроакустического преобразователя со сложной формой излучающей оболочки

Травин Р.В., Захаров С.Б.

Научный руководитель — к.ф.м-н. Бритенков А.К.

ИПФ РАН, Нижний Новгород

Спектр задач, где применяются низкочастотные гидроакустические излучатели (НЧИ) непрерывно расширяется. В тематике приложений особое место занимают гидроакустические устройства, для которых существуют ограничения на массогабаритные параметры НЧИ. Компактные НЧИ продольно-изгибного типа с цельнометаллическими корпусами сложной формы (3D НЧИ) имеют ряд преимуществ по сравнению с излучателями другой конструкции при одинаковых размерах и массе.

Для определения электроакустических параметров преобразователя необходимы испытания в натурных условиях. В целях сокращения затрат на организацию подобных испытаний оценочные расчёты основных характеристик НЧИ, проверку корректности используемых технических решений, а также уточнение направления конструкторского поиска целесообразно проводить с помощью конечно-элементного моделирования (МКЭ).

В рамках разработки компактных 3D НЧИ [1] высокой удельной мощности для преобразователя с максимальными габаритами корпуса до 100 мм построены спектральные распределения амплитуд колебаний оболочки и импедансные спектры. Модель корректировалась путём изменения параметров НЧИ. Основные резонансы как чувствительности излучателя по напряжению, так и импедансного спектра, практически совпадают со значениями, полученными в ходе натурных измерений собранного макета 3D НЧИ. Различие расчётной частоты максимума чувствительности преобразователя по напряжению в полосе основного резонанса с данными измерений составляет менее 5%, что соответствует погрешности электроакустических измерений в условиях открытой воды [3]. Сложность геометрии корпуса 3D НЧИ требует учёта дополнительных параметров (например, матрицы связи) для корректировки расчётной модели преобразователя и уменьшения расхождения результатов эксперимента и расчёта.

Моделирование 3D НЧИ являются важным этапом в процессе разработки и оптимизации подобных устройств, позволяющим повысить точность расчётов и уменьшить затраты на

разработку и производство излучателей. При помощи МКЭ и его модификаций (обобщённый МКЭ, метод конечных разностей и др.) кроме снижения затрат на ресурсоёмкие испытания, существует возможность оптимизации разработки подобных преобразователей, востребованных в различных приложениях гидроакустики, радиофизики и даже аэронавтики. Например, компактные 3D НЧИ могут входить в состав как гидроакустических модемов, ретрансляторов-ответчиков, так и гидроакустических маяков, устанавливаемых в бортовых самописцах летательных аппаратов.

Работа выполнена в рамках госзадания ИПФ РАН «Распространение акустических волн в морской среде и верхнем слое земной коры» (проект FFUF-2024-0041).

Список используемых источников:

1. Бритенков А.К., Боголюбов Б.Н., Смирнов С.А. Продольно-изгибный гидроакустический преобразователь. Патент РФ № 2681268. Опубликовано 05.03.2019.
2. Бритенков А.К., Норкин М.С., Стуленков А.В., Травин Р.В. «Исследование электроакустических характеристик компактного 3D НЧИ – низкочастотного гидроакустического преобразователя продольно-изгибного типа сложной формы» // Научное приборостроение. 2023. Т. 33, № 4. С. 28–39.
3. МИ 2083-90. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. 1992. 11 с.

Секция №1.4 Беспилотные авиационные системы

Разработка беспилотного летательного аппарата, выполненного по аэродинамической схеме VTOL, для решения задач контроля выпаса скота

Ананьев О.А., Кузьмин Д.Д., Пузанов М.Д.

Научный руководитель — Траимов А.В.

МАИ, Москва

Современные задачи сельского хозяйства, такие как контроль выпаса скота на обширных территориях, требуют применения новых технологий, способных обеспечить эффективный мониторинг в условиях отсутствия инфраструктуры. Одним из перспективных решений является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые могут осуществлять патрулирование и обследование территорий, где нет возможности осуществить горизонтальную посадку на шасси или корпус. Однако существующие схемы БПЛА имеют следующие ограничения. Мультироторные аппараты, несмотря на способность к вертикальному взлету и посадке, не подходят для полетов на дальние расстояния, так как они летают без помощи подъемной силы конструкции, а лишь за счет работы двигателей. Это делает их более энергозатратными и уязвимыми к неблагоприятным погодным условиям, поскольку для поддержания стабильного полета в условиях ветра требуется больше энергии. Самолетные схемы, хотя и обеспечивают длительные полеты, имеют повышенные требования к посадке. Для посадки аппарата такой схемы на корпус необходимо подбирать зону с определенными характеристиками посадочного места, а при интеграции шасси конструкторы сталкиваются с проблемой увеличения массы конструкции и ухудшения аэродинамических характеристик. В отличие от этих схем, разрабатываемый БПЛА, выполненный по аэродинамической схеме VTOL (Vertical Takeoff and Landing), сочетает в себе преимущества вертикального взлета и посадки с возможностью длительного горизонтального полета. Это делает его более легким в эксплуатации и расширяет возможности применения в сельском хозяйстве.

Основной целью проекта является создание аппарата, способного эффективно решать задачи контроля выпаса скота на территориях, где отсутствует возможность горизонтальной посадки. Разрабатываемый БПЛА использует для навигации систему автономного полета без участия оператора. Полезная нагрузка включает видеокамеру, работающую в видимом диапазоне, и тепловизор для наблюдения в ночных условиях. Встроенный бортовой вычислитель позволяет осуществлять обработку данных в реальном времени с применением систем искусственного интеллекта, что упрощает деятельность работников агрокомплекса за счет автоматизации наблюдения за стадами крупного скота.

В ходе работы выполнены проекторочные расчеты для определения геометрических и массовых характеристик БПЛА, создана 3D-модель, а также выбран состав бортового оборудования. Для реализации проекта проведены аэродинамические расчеты, включая продувку корпуса ЛА, расчеты скорости перехода в горизонтальный полет и подбора характеристик двигателей. Выполнены испытания на прочность и тестирование фактической тяги двигателей на стенде.

Испытания включали в себя тестирование вертикального полета, переход в горизонтальный режим и работу БПЛА в условиях, близких к эксплуатационным. Эти этапы позволили подтвердить надежность и работоспособность разработанного аппарата. Особое внимание уделено интеграции систем искусственного интеллекта, что позволяет автоматизировать процессы наблюдения и анализа данных.

Результатом работы стал облик БПЛА, способного эффективно решать задачи контроля выпаса скота. Аппарат использует систему автономного полета без участия оператора, что упрощает его эксплуатацию. Предложенная схема с одной силовой установкой для вертикального и горизонтального полета позволяет избежать сложностей, связанных с использованием двух отдельных установок, как в большинстве существующих проектов.

Список используемых источников:

1. Катаев М. Ю., Пасько О. А., Карташов Е. Ю. Анализ практических применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 1 (190). – С. 54-62.

Проектирование беспилотного летательного аппарата вертикального взлета аэродинамической схемы утка

Андреев П.С., Ярославцева О.М.
Научный руководитель — Селин А.И.
МАИ, Москва

Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета и посадки представляют собой одну из наиболее перспективных разработок в современной авиации, сочетающую преимущества вертолетов и самолетов. Их способность взлетать и садиться без необходимости в длинной взлетно-посадочной полосе делает их незаменимыми для задач в урбанизированных зонах, труднодоступных регионах и специальных операциях. Однако, проектирование таких аппаратов сопряжено с рядом технических вызовов, включая необходимость обеспечения устойчивости в режиме висения, эффективного перехода к горизонтальному полету и оптимизации аэродинамических характеристик.

Целью работы является разработка беспилотного летательного аппарата вертикального взлета с аэродинамической схемой «утка», дополненной поворотным механизмом для изменения угла поворота, крыла.

Разработка беспилотного летательного аппарата осуществлялась в рамках системного подхода, основанного на методах проектирования сверхлегких летательных аппаратов [1] и радиоуправляемых авиамodelей [2].

Проведен анализ аэродинамической схемы и компоновки аппарата с учетом критериев устойчивости, управляемости и энергоэффективности, выполнены расчеты геометрических параметров планера. Окончательный выбор аэродинамической схемы для данного БЛА вертикального взлета обусловлен вниманием на минимизации затенения несущих винтов.

В классической тандемной схеме, где два крыла расположены последовательно, достигается оптимальное согласование центра масс с аэродинамическим фокусом, что упрощает балансировку и повышает устойчивость аппарата. Однако в таких конфигурациях заднее крыло часто попадает в зону возмущенного потока от переднего, что приводит к затенению винтов, снижению их эффективности и увеличению энергопотребления.

Схема «утка», с горизонтальным оперением, вынесенным вперед, позволяет расположить несущие винты за пределами зоны аэродинамического влияния стабилизатора. Это сокращает взаимное затенение элементов конструкции и улучшает КПД винтов в режиме висения, что особенно важно для вертикального взлета и посадки. Также, выбор в пользу «утки» был сделан как компромисс между техническими требованиями и эксплуатационными приоритетами заказчика.

Особое внимание в исследовании уделено сравнительному анализу четырех вариантов перехода между горизонтальным и вертикальным полетом:

- 1) гибридная схема;
- 2) механизм поворота винтов;
- 3) механизм поворота винтовых групп;
- 4) синхронный поворот консолей крыла.

По результатам анализа, учитывающего массогабаритные показатели, надежность конструкции и устойчивость полета выбрана схема с поворотным крылом. Выбор обусловлен способностью такой схемы минимизировать динамические нагрузки на трансмиссионную систему при переходе между режимами вертикального и горизонтального полета, а также обеспечить симметричное изменение геометрии крыла без нарушения ламинарности обтекания.

Сочетание преимуществ схемы «утка» — высокой маневренности и устойчивости на малых скоростях — с адаптивностью поворотного крыла позволяет создать универсальный аппарат, способный эффективно работать в разнообразных условиях.

Дальнейшие работы, будут направлены на создание прототипа, проведение испытаний и возможную оптимизацию конструкции по их итогам.

Список используемых источников:

1. Войт Е.С., Ендогур А.И., Мелик-Саркисян З.А., Алявдин И.М. *Проектирование конструкций самолетов*. — М.: Маш-е, 1987. — 540 с.
2. Леннон, Э. *Основы проектирования радиоуправляемых моделей самолетов: Практические методы создания улучшенных моделей* / Э. Леннон. — Риджфилд, шт. Коннектикут : Air Age Media Inc., 1996. — 135 с. — ISBN 0911295402.
3. М.А. Погосян, Н.К. Лисейцев, Д.Ю. Стрелец и др. — 5-е изд. — Москва: Инновационное машиностроение, 2018. — 863 с.

К вопросу о подборе электродвигателя на этапе проектирования БПЛА

Арсланов М.А.

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

КНИТУ-КАИ, Казань

На БПЛА устанавливаются бесколлекторные или коллекторные двигатели. Из-за высокого износа щеток, которые передают напряжение на коллекторных двигателях они вытесняются бесколлекторными. Такой тип двигателей сегодня набирает обороты, так как появляется все больше микросхем, которые упрощают управление двигателем за счет быстрого переключения тока в обмотке статора. В статоре бесколлекторного мотора сердечник сделан из тонких металлических пластин и обмотки, которые своим взаимодействием создают магнитные поля. Ток подается на определенные обмотки в короткие промежутки времени, что вызывает вращение вала двигателя.

После стадии выработки требований к ЛА формируется ТЗ для конструкторского бюро, в котором задана целевая нагрузка и максимальный взлетный вес. С помощью предосторожного анализа можно выбрать какое количество двигателей оптимально, какая необходима их мощность, крутящий момент на валу и т.д., а также возможно решить уравнение существования БПЛА.

В данной работе рассмотрены следующие зависимости: вес от мощности, от тяги, от крутящего момента и зависимость тяги от мощности. Эти характеристики важно рассмотреть предварительно. К ним, помимо выше названных, относится характеристика оборотов двигателя KV, которая показывает количество оборот при подаче 1 В габариты двигателя, которые влияют на вырабатываемую мощность и обороты.

Так же рассмотрены характеристики аккумуляторов, что поможет оценить относительные массы основных тяжелых элементов и оценить, насколько приспособлен ЛА под заданную целевую нагрузку. Использование зависимостей характеристик двигателя при проектировании упрощает и ускоряет этот процесс.

Список используемых источников:

1. Что такое регулятор оборотов? // ДроноМания URL: https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-regulyator-oborotov.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F.
2. Квадрокоптеры: критерии выбора двигателя // djistor.ru URL: <https://djistor.ru/blogs/blog/Kvadrokoptyery-kriterii-vybora-dvigatelya?srsId=AfmBOor72IgeSPKp kvICRMj1Mb9RzfGDPUm4PVnfs9hmnQMpPsaEWfLa>.
3. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» // ВИБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ КВАДРАКОПТЕРОВ / Elibrary.ru URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=51328717>.
4. Я.О. Тарасов. КВАДРОКОПТЕРЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kvadrokoptyery-proektirovanie-konstruirovaniye-i-ispytaniya/viewer>.

Многофункциональный беспилотный летательный аппарат на импульсном водородном двигателе

Волошиненко А.М., Подгорный Д.А., Гречихин Т.С.

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

МАИ, Москва

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) играют важную роль в современных исследованиях, особенно в сложных и недоступных условиях, таких как Арктика. Например, съемка береговой линии льдов требует высокой автономности и устойчивости к экстремальным погодным условиям. Настоящая работа направлена на разработку БЛА на основе импульсного водородного двигателя, который обеспечивает повышенную автономность и экологичность по сравнению с традиционными двигателями.

Цель работы – создание беспилотного летательного аппарата на основе аэродинамической схемы планера "МАИ-60 Снежинка" с внедрением импульсного водородного двигателя. Основные задачи: анализ существующих решений и выбор оптимальной аэродинамической схемы; разработка прототипа импульсного водородного двигателя; оптимизация системы управления и навигации для длительных полетов в экстремальных условиях; проведение численных и экспериментальных испытаний, включая продвку схемы в программе ANSYS, и планирование летных испытаний модели.

Методология

1. Анализ существующих решений – изучение литературы и анализ существующих БЛА, используемых для исследований в различных климатических условиях.

2. Выбор аэродинамической схемы – оценка характеристик планера "МАИ-60 Снежинка" и адаптация его к беспилотной версии.

3. Разработка импульсного водородного двигателя – проектирование и изготовление двигателя, тестирование его характеристик.

4. Оптимизация системы управления и навигации – разработка алгоритмов управления и навигации, адаптированных для длительных полетов.

5. Численные и экспериментальные испытания – проведение численных симуляций с использованием программы ANSYS для оценки аэродинамических характеристик. Планирование летных испытаний модели для подтверждения расчетных данных.

Результаты

1. Аэродинамическая схема – адаптация планера "МАИ-60 Снежинка" к беспилотной версии позволила сохранить высокую аэродинамическую эффективность и маневренность.

2. Импульсный водородный двигатель – разработанный двигатель демонстрирует высокую эффективность и устойчивость к экстремальным климатическим условиям, что обеспечивает длительную автономную работу БЛА.

3. Система управления и навигации – внедрение современных алгоритмов управления и навигации позволяет точно следовать заданным маршрутам и выполнять задачи съемки ландшафта.

4. Численные и экспериментальные испытания – численные симуляции в программе ANSYS подтвердили высокую аэродинамическую эффективность схемы. Летные испытания модели планируются для дальнейшей проверки и оптимизации.

Выводы:

1. Преимущества аэродинамической схемы планера – высокая аэродинамическая эффективность и маневренность планера "МАИ-60 Снежинка" обеспечивают устойчивый полет даже в сложных метеорологических условиях.

2. Преимущества водородного импульсного двигателя:
устойчивость к низким температурам – водородный двигатель лучше справляется с выполнением поставленной задачи в условиях пониженных температур, чем электрический;
экологичность – водородное топливо не выделяет вредных выбросов, что делает его более экологичным по сравнению с двигателем внутреннего сгорания.

3. Перспективы применения – разработанный БЛА может быть для задач, требующих длительной автономной работы в экстремальных условиях, таких как съемка береговой линии льдов Арктики.

Заключение

Разработка беспилотного летательного аппарата на основе аэродинамической схемы планера "МАИ-60 Снежинка" с внедрением импульсного водородного двигателя представляет собой значительный шаг вперед в области автоматизированных исследований. Высокая автономность, устойчивость к экстремальным условиям и экологичность делают этот проект перспективным для дальнейших разработок и применений. Планируемые летные испытания модели позволят окончательно подтвердить эффективность разработанной системы.

Список используемых источников:

1. Ефимов А.В. «Планирование полета беспилотного летательного аппарата при мониторинге наземной обстановки в заданном регионе с учетом воздействия бокового ветра» // Множительный центр МАИ (НИУ), 2012.
2. Макаров Ю.В. «Летательные аппараты МАИ» // Изд-во «МАИ», 1994.
3. Голубев И.С., Самарин А.В. «Проектирование конструкций летательных аппаратов» // Изд-во «Машиностроение», 1991.

Разработка энергоэффективной системы управления для квадроплана

Зин Мин Хтун

Научный руководитель — Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Данное исследование посвящено разработке энергоэффективной системы управления для квадроплана с целью оптимизации энергопотребления при переходе между режимами вертикального взлета и горизонтального полета. Квадропланы, являясь разновидностью БПЛА, объединяют возможности вертикального взлета и посадки ЛА вертолетного типа с дальностью и скоростью полета ЛА, построенного по самолетной схеме, что делает их перспективными для сельского хозяйства, логистики и экологического мониторинга. Однако фаза перехода между указанными режимами полета вызывает проблемы с точки зрения энергозатрат и устойчивости, что требует применения продвинутых алгоритмов управления. Целью работы является создание системы управления, минимизирующей энергопотребление при обеспечении стабильности и надежности работы квадроплана, особенно для сельского хозяйства и транспортировки.

Во время обучения в бакалавриате был спроектирован и испытан прототип квадроплана с размахом крыла 1,2 м и массой 2,5 кг, с четырьмя вертикальными моторами и одним горизонтальным толкающим. Испытания показали, что максимальное время полета составило 25 минут в горизонтальном полете. В магистерской работе проведена дальнейшая оптимизация энергопотребления для увеличения времени автономной работы квадроплана.

Для этого была разработана математическая модель движения квадроплана, включая вертикальный, горизонтальный и переходный режимы. Модель учитывает аэродинамику, энергопотребление и алгоритмы управления, что позволяет оптимизировать производительность системы.

Оценка системы была выполнена с использованием прогностических средств MATLAB и Simulink, что позволило смоделировать различные сценарии полета. Основные результаты показали, что комбинированный режим полета, включающий вертикальный подъем до высоты 20 метров с последующим переходом в горизонтальный полет, снижает энергопотребление на 17% по сравнению с полным вертикальным подъемом до 100 метров. Например, комбинированный режим потребляет всего 7,0 Вт·ч, в то время как полный вертикальный подъем — 26,0 Вт·ч. Это достигается благодаря использованию подъемной силы крыла, что снижает нагрузку на вертикальные двигатели и значительно увеличивает дальность полета.

Такие оптимизации особенно важны для сельского хозяйства и транспорта. Например, квадроплан, используемый для мониторинга сельскохозяйственных полей, может делать высокоточную съемку, что позволяет анализировать состояние культур. В распылении пестицидов система управления помогает равномерно распределять химикаты, минимизируя потери и вред для окружающей среды. Плавное переключение между режимами полета

также делает квадроплан идеальным для грузоперевозок, что позволяет быстро доставлять полезную нагрузку на большие расстояния.

Сравнительный анализ с традиционными методами управления подтверждает эффективность предложенного подхода. Комбинированный режим полета снижает энергопотребление на 17% и увеличивает продолжительность полета на 34% — с 25 минут до 40 минут в горизонтальном полете. Эти результаты подтверждают потенциал предложенной системы управления для продления автономной работы квадроплана и повышения его эксплуатационных характеристик.

Данное исследование предоставляет основу для создания энергоэффективных систем управления гибридными квадропланами БПЛА, предлагая решение для увеличения продолжительности полета в сельском хозяйстве, логистике и других областях. Результаты показывают потенциал использования интеллектуальных систем управления для решения ключевых задач гибридных БПЛА, что открывает новые возможности для их применения в коммерческих и промышленных сферах.

Список используемых источников:

1. Иванов С. И. Энергоэффективные системы управления для БПЛА // Политехнический университет, Санкт-Петербург. – 2019. – 248 с.
2. Конопляников В. А., Савин В. Н. Авиационные беспилотные летательные аппараты: управление и аэродинамика // Машиностроение, Москва. – 2015. – 312 с.

Исследование методик калибровки и определения параметров трехосного микроэлектромеханического акселерометра

Лисицин А.А., Логинов Д.С.

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

АО МНПК «Авионика», Москва

Микроэлектромеханические акселерометры – это датчики, которые используют микромеханические технологии для измерения ускорений. Они фиксируют изменения положения или движения объекта, преобразуя механическое смещение подвижной массы в электрический сигнал и обычно имеют малые размеры. МЭМС акселерометры широко применяются в различных областях, таких как робототехника, беспилотная авиация, а также в автомобилестроении.

Калибровка микроэлектромеханических акселерометров способствует улучшению точности измерений, поскольку датчики такого типа могут иметь разброс параметров до 3%, так как в процессе производства датчиков невозможно избежать неточностей и дефектов, вызывающих погрешности в измерениях. Подобные ошибки проявляются в виде систематического смещения показаний акселерометра на определённую величину. Кроме того, дефекты в креплении датчика к специальному кронштейну или блоку могут стать причиной некорректных измерений. Для определения характера искажений и обеспечения корректной работы датчика отдельно или в составе системы необходимо периодически проводить их калибровку и сохранять значения поправочных коэффициентов. Калибровка и определение параметров представляют собой испытания датчиков, в процессе которых исследуются необходимые для моделирования характеристики.

Нами на АО МНПК «Авионика» были проведены исследования трехосного микроэлектромеханического акселерометра ММА-ЭП1 производства ЦНИИ «Электроприбор» с целью калибровки прибора и определения его параметров. Для проведения исследования был составлен план проведения работ, обеспечен прямой обмен данными с тестируемым датчиком через интерфейс SPI, написаны методики проведения испытаний, в процессе которых осуществлялась калибровка и определение параметров прибора, осуществлена подготовка необходимого оборудования, выполнен сбор и анализ выходных данных, построены графики и таблицы.

Целью данной работы является исследование методик калибровки и определения параметров трехосного микроэлектромеханического акселерометра. В докладе

рассматриваются: программы и методики калибровки и определения параметров датчика ММА-ЭП1, а также приводятся характеристики используемого оборудования.

В результате проведенной работы нами были исследованы следующие параметры ММА-ЭП1: плотность мощности шума, смещение нуля, порог чувствительности, а также нелинейность выходной характеристики.

В докладе также даны рекомендации по проведению подобных работ, основанные на опыте АО МНПК «Авионика».

Список используемых источников:

1. Аврутов В.В. Испытания инерциальных приборов: Учебное пособие. [Текст : непосредственный] – К. : НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», 2016. – 205 с.

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.

Малоразмерный БПЛА для выполнения сельскохозяйственных задач

Лошин Д.Д., Кочуров С.И., Белозеров О.Р.

Научный руководитель — Трофимов А.В.

МАИ, Москва

Современные сельскохозяйственные БПЛА представляют собой крупногабаритные аппараты, предназначенные для промышленного использования и больших объемов работ, что ограничивает их применение в небольших хозяйствах, приусадебных участках.

Проект посвящен созданию сельскохозяйственного комплекса с БПЛА для владельцев и работников небольших фермерских хозяйств для упрощения процесса ухода за растениями.

Проектируемый образец предполагает применение лидаров для системы навигации и искусственного интеллекта для решения сельскохозяйственных задач. Базирование аппарата осуществляется на док станции, позволяющей заряжать аккумуляторные батареи и осуществлять обслуживание аппарата.

Одной из ключевых особенностей этого устройства является его способность распознавать растения, требующие обработки средствами от вредителей, с помощью компьютерного зрения. Система анализирует состояние каждого куста, точно определяя, нуждается ли он в лечении или может оставаться нетронутым, что минимизирует воздействие на экосистему.

Решение задачи предшествовал анализ аналогов – современных моделей и технологий крупногабаритных БПЛА, применяемых в сельском хозяйстве. Это позволило определить их функциональные возможности и ограничения в контексте использования на небольших участках, таких как дачные и фермерские хозяйства.

На основе собранных данных сформированы требования к БПЛА – оптимальные габариты и масса полезной нагрузки. Определен набор критериев для оценки эффективности проекта БПЛА по сравнению с существующими крупногабаритными решениями – это простота изготовления, удобство в эксплуатации.

Прототип предполагает использование системы искусственного интеллекта, для дифференцированного внесения действующих веществ и точной ориентации БПЛА над обрабатываемой культурой.

В результате проекта был разработан проект малогабаритного беспилотного летательного аппарата, предназначенного для решения сельскохозяйственных задач.

Список используемых источников:

1. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: дайджест. Вып. 9 (47) / сост. А. Г. Цырульник. – Москва, 2023. – 11 с.

2. Катаев М. Ю., Пасько О. А., Карташов Е. Ю. Анализ практических применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 1 (190). – С. 54-62.

3. Кутерина М. Е., Каюгина С. М. Беспилотные летательные аппараты в сельском и лесном хозяйстве // Неделя молодежной науки-2023: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2023. – С. 1155-1159.

4. Лавренникова О. А. Применение беспилотных летательных аппаратов в системе защиты культур // Системная трансформация - основа устойчивого инновационного развития: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2023. – С. 185-187.

Модернизация пилотируемого воздушного судна армейской авиации для выполнения задач беспилотного летательного аппарата

Мамаладзе Г.Ю., Максимов В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Агаев Р.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Развитие беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) является важным направлением в развитии всей авиации. Эти автоматизированные технологии уже сейчас изменяют характер боевых действий и их значение только возрастает с каждым годом все сильнее и сильнее. Беспилотные аппараты используются для разведки, передачи информации в режиме реального времени, наблюдения и патрулирования на различных высотах. Они также могут применять авиационное оружие против земных и воздушных целей, что позволяет выполнять широкий спектр задач с меньшими затратами энергии, материальных и трудовых ресурсов. Важно отметить, что беспилотные летательные аппараты не только помогают экономить время на выполнение различных задач, но и в некоторых случаях спасают жизни людей в ходе военных действий.

Таким образом создание перспективных беспилотных летательных аппаратов является актуальным направлением в современной авиации, а возможность выполнения данным БпЛА большого спектра задач актуальной проблемой.

В данной работе было модернизировано воздушное судно армейской авиации для выполнения самых различных задач беспилотного летательного аппарата.

Для полного раскрытия цели работы были выполнены следующие этапы:

1. Произведен анализ боевых задач, способов боевого применения беспилотных летательных аппаратов вертикального взлета;
2. Выбраны и обоснованы основные тактико-технические требования к проектируемому беспилотному летательному аппарату;
3. Произведен расчет основных параметров беспилотного летательного аппарата вертикального взлета;
4. Смоделирован проектируемый беспилотный летательный аппарат вертикального взлета;
5. Произведен расчет дальности и продолжительности полета беспилотного летательного аппарата вертикального взлета и его сравнение с аналогом.

Результатом работы является спроектированный беспилотный летательный аппарат вертикального взлета, который по своим характеристикам превосходит существующий вертолет армейской авиации Ми-24. По итогу проектирования была снижена масса пустого летательного аппарата, увеличена скорость полета, практическая дальность, грузоподъемность и максимальная взлетная масса.

Список используемых источников:

1. Беспилотные летательные аппараты: Справочное пособие / Под общ. ред. С.А. Попова. – Воронеж: Научная книга, 2015. – 619 с.
2. В.С. Моисеев. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов. – Казань: Научная книга, 2015. – 445 с.
3. Выбор основных параметров вертолета. Учебное пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов»: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2012. – 125 с.;
4. В.П. Медведев, Т.В. Демонина. Основы аэродинамики и гидромеханики: учеб. пособие. Таганрог: ТАВИАК, 2011. 283 с.

Управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) с помощью спутникового канала связи

Миронова А.О., Андреев Р.А.

Научный руководитель — Ачилов А.А.

Филиал АО «ЦЭНКИ» – НИИ ПМ им. академика В.И. Кузнецова, Москва

На данный момент управление БПЛА преимущественно осуществляется с наземных пунктов управления (НПУ), удаленность которых от объекта управления ограничена дальность радиосвязи (зачастую не превышает нескольких сотен километров), также в последнее время участилось применение летательных аппаратов (в основном БПЛА) в качестве подвижных ретрансляторов. Оба данных способа управления обладают набором различных недостатков. К недостаткам наземных пунктов управления относятся: ограничена дальность радиосвязи, сильное влияние городской застройки и ландшафта на качество сигнала управления, слабая помехозащищенность, уязвимость пункта управления и оператора (в случае управления боевым БПЛА). Воздушные в свою очередь имеют ряд следующих недостатков: ограниченное время и дальность полета, зависимость от погодных условий и уязвимость в ходе боевых действий.

Для решения данных проблем предлагается внедрить способ управления БПЛА с помощью ретрансляции сигналов управления через космические аппараты (КА). Но данный способ обладает рядом значительных преимуществ: фактически не ограниченная дальность передачи сигналов управления между центром управления и БПЛА, возможность одновременного управления большим количеством БПЛА, возможность обеспечить удаленность и защищенность пункта управления БПЛА, помехоустойчивость и высокая скорость современной космической связи, а также глобальное обеспечение в труднодоступных и малонаселенных районах, акваториях морей и океанов.

Для осуществления эффективного информационного обмена с низкоорбитальной много спутниковой группировкой в состав бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) БПЛА должна входить малогабаритная активная фазированная антенная решетка (АФАР). Такой тип антенн широко применяется в технике благодаря ряду особенностей. В отличие от зеркальных антенн (ЗА) они формируют более узкую диаграмму направленности (ДН), позволяют без механического перемещения каких-либо частей антенной системы менять направление главного лепестка ДН, а также формировать «нули» ДН в заданных направлениях (адаптивные ФАР). Кроме того, в ФАР, работающих на приём, легко сформировать несколько главных лепестков, причём реализация указанной возможности значительно упрощается, если в антенне применяется цифровая обработка сигналов (так называемые цифровые антенные решётки). Для установки на борт БПЛА и осуществления стабильной связи с космической группировкой, антенна должна удовлетворять следующим параметрам:

- компактные габариты и низкая масса;
- высокий коэффициент усиления и узкая диаграмма направленности главного луча;
- большой угол электронного сканирования;
- низкая потребляемая мощность;
- высокая скорость передачи данных, порядка нескольких сотен Мбит/с.

Предварительный анализ и упрощенные расчёты АФАР для применения на борту БПЛА:

Наиболее подходящим частотным диапазоном для данной АФАР был выбран диапазон Ku (от 12 до 18 ГГц). Так как данный диапазон позволяет добиться высокой пропускной способности, и в тоже время в меньшей степени восприимчив к неблагоприятным погодным условиям. Стабильность сигнала сохраняется даже в условиях мощных грозových разрядов. В качестве несущей частоты выберем частоту в 14 ГГц.

В качестве дополнительного высокоскоростного канала передачи информации от БПЛА на КА, в состав бортовой аппаратуры БПЛА может быть интегрирована оптическая линия передачи данных. Оптические линии связи обладают существенными принципиальными достоинствами.

Спутниковой система связи будет наиболее эффективной при применении на БПЛА военного назначения, выполняющих функции разведки, целеуказания и огневого поражения. Также БПЛА, на котором возможна установка данной системы должен относиться к тяжелому классу БПЛА (более 1500 кг) и обладать большой дальностью полета, чтобы обеспечить эффективную реализацию потенциалов спутникового управления.

Такими образом, проделанный анализ позволяет сформировать общий облик системы управления и передачи информации, необходимой для управления БПЛА через низкоорбитальную спутниковую группировку, что сделает дальность связи с БПЛА практически неограниченной, и позволит значительно снизить задержки при передаче сигналов связи и управления.

Список используемых источников:

1. Ротхаммель, К. Антенны - 2-е изд., доп. и переведено – Т.Э. Кренкеля. – Москва, 1969. – 314 с.
2. Хансен, Р.С. Сканирующие антенные системы СВЧ. Т.1., Т.2 – 2-е изд., доп. и переведено под ред. Маркова Г.Т. и Чаплина А.Ф. – Москва, 1966. – 536 с.
3. Вендик, О.Г. Антенны с электрическим сканированием / О.Г. Вендик, М.Д. Парнес – под ред. Л.Д. Бахраха – Москва, 2001. – 252 с.
4. Антенные решетки : сборник / Л.С. Бененсон Л.С., В.А. Журавлев, С.В. Попов, Г.А. Постов ; под ред. Советское радио – Москва, 1966. – 368 с.

Разработка беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для решения логистических задач по доставке малого груза

Полякова Е.А., Буханов М.Ю.

Научный руководитель — Акилов М.С.

МАИ, Москва

Одним из основных достоинств БПЛА является их способность к быстрой доставке грузов. Традиционные способы перевозки часто подвержены задержкам из-за пробок, дорожных работ или неблагоприятных погодных условий. Дроны могут облетать эти препятствия, что позволяет сокращать время от размещения заказа до его получения. В некоторых случаях БПЛА могут доставлять товары в течение считанных минут, что делает их особенно ценными для срочной доставки. Использование БПЛА может значительно снизить затраты на логистику. Дроны являются более экономичными по сравнению с традиционными транспортными средствами, поскольку требуют меньше затрат на топливо и техническое обслуживание. В отличие от грузовых автомобилей, дроны могут обходиться без человеческого ресурса, что также уменьшает затраты на оплату труда. Это делает доставку более финансово привлекательной, особенно для компаний, работающих в условиях жесткой конкуренции.

Рассмотрены различные типы БПЛА, их функциональные возможности и применения в курьерских службах, медицине и других отраслях. Современные исследования посвящены улучшению технологий аккумуляторов, систем управления и навигации, что позволяет расширить возможности для выполнения различных задач, включая доставку малогабаритных грузов.

Основной целью данной работы является разработка концепции беспилотного летательного аппарата, способного безопасно и эффективно осуществлять доставку малых грузов на короткие расстояния в городских или же сельских условиях. Изучение существующих решений на рынке БПЛА для грузовых перевозок и оценка их преимуществ и недостатков. Определение ключевых технических характеристик и параметров для обеспечения надежности, работоспособности и безопасности доставки. Проектирование прототипа БПЛА, учитывающую аэродинамические свойства, маневренность и устойчивость. Разработка плана интеграции системы навигации и управления для повышения точности доставки.

Исследование будет проведено с использованием аналитических методов, компьютерного моделирования и проектирования с помощью CAD-систем. Также

планируется использовать программное обеспечение для анализа аэродинамических характеристик и проектирования систем управления.

В результате предполагается, что разработанная модель БПЛА будет иметь оптимальное соотношение между грузоподъемностью, дальностью полета и временем работы. Ожидается, что исследования позволят подтвердить жизнеспособность концепции и ее соответствие современным требованиям логистики, повышая эффективность доставки малогабаритных грузов в городских условиях.

Список используемых источников:

1 Иванова, Е. Д. Исследование возможностей применения БПЛА в логистике: дис. ... кандидата наук. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2021. – 150 с.

2 Гололобов В. Н., Ульянов В. И. Беспилотники для любителей. - СПб.: Наука и Техника, 2018 - 256 с., ил.

Исследование способов охлаждения регуляторов оборотов бесколлекторных моторов БПЛА

Прокофьев С.А., Лавриненко С.А., Степанов А.С.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются в различных сферах, включая мониторинг, доставку грузов и военные задачи. Одним из ключевых компонентов БПЛА является регулятор оборотов (ESC), который управляет бесколлекторными двигателями. В современных БПЛА, особенно в квадрокоптерах, популярность приобретают компактные решения, такие как ESC 4 in 1, которые объединяют четыре регулятора в одном корпусе. Однако, с трендом на миниатюризацию повышаются и требования к нагрузке, таким образом возникает необходимость в разработке ESC, способных работать с высокими токами (до 60-70 А на каждый канал) при минимальных габаритах. В данной работе представлен подход к проектированию таких регуляторов, а также проанализированы существующие методы борьбы с их перегревом и предложено новое конструкционное решение.

При разработке учтены основные конструкционные особенности: возможность крепления ESC непосредственно рядом с платой контроллера для уменьшения длины проводных соединений и упрощения конструкции, наличие разъемов, необходимых для подключения моторов. В САПР Altium Designer спроектирована печатная плата регулятора оборотов с микроконтроллером STM32F051, выбор которого обусловлен его оптимальным сочетанием производительности, энергоэффективности и малыми размерами корпуса. Для питания платы контроллера и уменьшения веса устройства в схему интегрирован модуль стабилизации напряжения BEC (Battery Eliminator Circuit) на 5 В и 12 В. Для обеспечения охлаждения необходимых защит от перегрузки по току и перегрева. Размещение четырех регуляторов оборотов на одной печатной плате при заданных габаритных ограничениях является достаточно сложной и дорогой задачей, поэтому была предложена конструкция, основанная на использовании стека из четырех отдельных плат. Каждая плата в стеке выполняет функции одного регулятора оборотов, что позволяет распределить тепловую нагрузку и упростить производственный процесс. В качестве ключевого элемента теплоотвода используются листы меди, установленные между платами, что обеспечивает эффективное рассеивание тепла благодаря высокой теплопроводности этого материала. Для дополнительного улучшения тепловых характеристик и механической устойчивости конструкции, воздушные зазоры между платами и листами меди заполнены компаундом. Этот материал не только обеспечивает эффективную теплопередачу, но и повышает надежность конструкции, защищая компоненты от вибраций, влаги и других внешних воздействий.

На основе данных о тепловыделении компонентов, установленных на печатных платах, и теплопроводности материалов было проведено численное моделирование распределения температуры, посредством использования среды Ansys Icepak [1]. Это позволило определить

"горячие точки" и оценить эффективность различных методов охлаждения, таких как пассивное охлаждение, основанное на естественной конвекции и теплопроводности, охлаждение при помощи тепловых трубок, передающих тепло за счет испарения и конденсации жидкости внутри замкнутой системы, активное охлаждение, использующее вентиляторы или другие устройства для принудительного отвода тепла, и предложенная конструкция из стека регуляторов оборотов.

В результате исследования различных методов охлаждения ESC было выявлено, что пассивное охлаждение с использованием металлизированных слоев печатной платы и миниатюрных радиаторов обеспечивает достаточный теплоотвод для стандартных режимов работы малогабаритных БПЛА, однако при экстремальных нагрузках (например, при токах близких к 60 А) пассивное охлаждение становится недостаточным, что приводит к перегреву и снижению надежности системы [2]. Конструкция из стека печатных плат показала сопоставимую эффективность в сравнении с пассивным охлаждением. Тепловые трубки демонстрируют высокую эффективность, но их применение в производстве ограничено в связи с сложностью интеграции. Активное охлаждение является эффективным методом охлаждения относительно других исследованных методов, но нецелесообразным для малогабаритных БПЛА из-за увеличения веса и энергопотребления [3].

В ходе работы было выявлено, что для малогабаритных квадрокоптеров с высокими требованиями к весу и компактности пассивное охлаждение остается наиболее практичным решением для большинства режимов работы. Однако в условиях экстремальных нагрузок предложенная конструкция стека из четырех плат с медным теплоотводящим листом и компаундом демонстрирует себя как эффективная альтернатива, сочетающая в себе простоту производства, надежность и достаточную эффективность теплоотвода.

Список используемых источников:

1. А.С. Шалумов, Введение в Ansys: прочностной и тепловой анализ : Метод. пособие. — Ковров : КГТА, 2003. — 51 с.
2. В. М. Карабан. Математическое моделирование тепловых процессов электронных средств: учебное пособие для бакалавров. — Томск : Изд-во ТУСУРа, 2018. — 89 с.
3. А. В. Муратов, Н. В. Ципина. Теплофизические процессы в радиоэлектронных устройствах и приборах: учебное пособие. — Воронеж : ВГТУ, 2012. — 57с.

Разработка объективов видимого и ИК-диапазонов для беспилотных летательных аппаратов с использованием оптических элементов, изготовленных методом прецизионного прессования

Ролдугина Д.Д., Сайкина Т.С., Машошин Д.А.

Научный руководитель — Семенченко Н.А.

АО «НПО «Орион», Москва

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются в различных сферах как гражданского назначения, включая мониторинг окружающей среды, геодезию и картографию, сельское хозяйство, спасательные операции, так и военных целях. Эффективность БПЛА во многом определяется качеством их оптических систем. Однако производство линз классическим методом (при помощи шлифования и полирования) сталкивается с рядом ограничений, которые выражаются в высокой себестоимости производства, длительных сроках изготовления и сложности в изготовлении асферичных линз малого диаметра.

Решение вышеупомянутых проблем возможно за счет применения метода прецизионного прессования оптических элементов для создания объективов видимого и инфракрасного диапазонов, адаптированных под БПЛА. Применение технологии прецизионного прессования позволяет сократить временные и производственные затраты при изготовлении объективов, что в свою очередь позволит сократить стоимость и увеличить объемы производства, способного удовлетворить возрастающие потребности как гражданского спроса, так и военного назначения. Использование данной технологии позволяет изготавливать асферические линзы серийно, сократить количество

оптических элементов в системе за счет улучшения характеристик линз, снизить себестоимость и сроки изготовления изделий, а также оптимизировать массогабаритные характеристики объективов без ущерба для качества оптической системы. Реализация метода прецизионного прессования открывает перспективы для разработки компактных и экономичных оптических систем, которые смогут использоваться в разных видах БПЛА.

Объектив для видимого диапазона обеспечивает высокое разрешение и качество изображения, а объектив для ИК-диапазона – возможность тепловизионной съемки в условиях плохой видимости, в том числе, тумана, дождя и в ночное время суток.

В ходе исследования были разработаны два объектива с фокусным расстоянием 35 мм, каждый из которых состоит из соответствующих материалов и оптимизирован под работу в своем спектральном диапазоне. Полученный объектив для видимого диапазона обеспечивает высокое разрешение и качество изображения в видимом диапазоне спектра (0,425 – 0,7 мкм) и обеспечивает разрешение 128 лин/мм, что позволяет получать изображение в формате 4К с высокой детализацией изображения. Второй объектив работает в длинноволновом инфракрасном диапазоне спектра (8–12 мкм) и обеспечивает разрешение 40 лин/мм, что отвечает современным требованиям к качеству оптических систем, используемых для тепловизионной съемки в сложных погодных условиях, а также в ночное время суток. Особенностью разработанных объективов является использование линз, материал которых позволяет получать их методом прецизионного прессования. Метод позволяет создавать как сферические, так и асферические линзы малого диаметра с высокой точностью, что невозможно при классической полировке.

С использованием технологии прецизионного прессования удалось сократить число используемых линз в каждом из объективов, уменьшить время изготовления на 60% и снизить себестоимость производства объективов на 65–70%, по сравнению с объективами, линзы в которых изготавливаются классическим способом (шлифованием и полированием).

Список используемых источников:

1. Nelson J.J. Precision Lens Molding of Glass: A Process Perspective. – Springer Nature Singapore Pet Ltd., 2020.
2. Латышев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: – Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2007. – 579 с.: ил.

Беспилотный летательный аппарат машущего типа

Савенко А.В.

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

МАИ, Москва

Создание новых типов летательных аппаратов позволит максимально эффективно исследовать атмосферные небесные тела такие как Марс, Венера, Титан и другие. Орнитоптер – летательный аппарат, создающий подъемную силу машущими движениями

аэродинамических плоскостей, совмещает в себе особенности и достоинства вертолетов и самолетов.

Тема проекта актуальна из-за возрастающего интереса к научно-прикладным исследованиям атмосферных небесных тел и учащения использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для анализа окружающего ландшафта и получения полезных данных. Орнитоптеры могут стать новым типом исследовательских аппаратов.

Цель работы - проектирование БПЛА способного осуществлять взлёт, полёт и посадку на другом небесном теле. Конструирование прототипа аппарата для отработки технологий и программного обеспечения необходимого для изготовления и эксплуатации планируемого орнитоптера.

Для осуществления целей проекта в работе решаются следующие задачи:

1. Создание 3Д-модели прототипа аппарата.
2. Технологическая отработка и изготовление дополнительного оборудования.
3. Изготовление прототипа.
4. Лётные испытания.

5. Массовый и энергетический анализ орнитоaptera для функционирования в атмосфере Марса.

Орнитоapterы способны совмещать в себе достоинства вертолётов и самолётов – вертикальный взлёт и посадку, высокую скорость горизонтального полёта. Эти достоинства позволяют аппарату выполнять наблюдения в условиях, где нет возможности использовать БПЛА самолётного типа с их длинными взлётно-посадочными полосами. По сравнению с вертолётными БПЛА – орнитоapter обладает высокой горизонтальной скоростью, обеспечивающую быстрое преодоление больших расстояний для быстрого получения научных данных.

Результатами работы является создание 3Д-модели прототипа, его изготовление, лётные испытания и приблизительные расчёты возможных энергетических и массовых характеристик аппарата.

В работе представлен проект, в котором производится отработка технологии создания орнитоapterов, процесс испытаний. Данный проект может стать базовой работой для проектирования и конструирования спускаемого космического аппарата, что положительно скажется на выборе конструкторских и проектных решений.

Список используемых источников:

1. В.Л. Свидерский Полёт насекомого. – Москва: Наука, 1980. – 135 с.

2. Орнитоapter. Ответы на вопросы // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/404541/> (дата обращения: 18.06.2021).

Беспилотный летательный аппарат для решения задач промышленной дефектоскопии

Севрюкова П.С., Заикин Т.Е., Ильиных Н.С.

Научный руководитель — Акилов М.С.

МАИ, Москва

В современных условиях повышения требований к качеству и безопасности промышленной продукции, актуальность неразрушающего контроля (НК) постоянно возрастает.

Традиционные методы НК (визуальный осмотр, ультразвуковая дефектоскопия, рентгенография, магнитопорошковый контроль, электронная дефектоскопия и др.), несмотря на свою эффективность, часто ограничены сложностью доступа к объекту контроля, трудоёмкостью, высокой стоимостью и прочими затратами.

Использование БПЛА открывает новые перспективы для проведения безопасного, эффективного и экономически выгодного неразрушающего контроля, обеспечивая доступ к труднодоступным объектам, повышая скорость дефектоскопии и улучшая её автоматизацию, а также минимизируя риски для обслуживающего персонала. В качестве полезной нагрузки БПЛА используется телевизионная камера, при помощи которой осуществляется съёмка поверхности исследуемого объекта. Изображения, полученные с видеокамеры, обрабатываются на наземной станции управления с применением нейросетевых алгоритмов. Искусственный интеллект позволяет обнаруживать визуально отличимые недостатки конструкций – трещины, сколы, коррозию.

В рамках проекта рассматриваются задачи выбора оптимальной конфигурации БПЛА, характеристик полезной нагрузки, интеграции системы автоматического визуального контроля на базе искусственного интеллекта, алгоритмов безопасного полета внутри конструкций.

Результаты исследования позволяют определить эффективность применения БПЛА в различных областях промышленной дефектоскопии.

Список используемых источников:

1. Наумов А. Е., Юдин Д.А., Долженко А.В. Совершенствование технологии проведения строительно-технических экспертиз с использованием аппаратно-программного комплекса автоматизированной дефектоскопии // Вестник БГТУ им . В.Г. Шухова . 2019. № 4. С. 61– 69.

Разработка алгоритмов машинного обучения для определения информативных параметров оптических сигналов в системах навигации БПЛА

Сергеев И.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Могильная Т.Ю.

МАИ, Москва

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно используют различные оптические системы для решения задач навигации, ориентации в пространстве и распознавания окружающей среды. Однако точность работы таких систем зависит от множества факторов, включая изменение внешних условий, наличие шумов и уровень освещенности. Одним из ключевых направлений повышения надежности является определение информативных параметров спектрального распределения оптических сигналов.

В данной работе исследуется применение алгоритмов машинного обучения для анализа спектральных характеристик оптических сигналов, поступающих с датчиков БПЛА. В качестве ключевого метода используется логистическая регрессия, позволяющая классифицировать параметры сигнала в зависимости от их значимости. Дополнительно рассматриваются алгоритмы кластеризации (k-средних) и регрессионного анализа, применяемые для прогнозирования и фильтрации данных.

Алгоритм обработки включает несколько этапов: предварительную обработку данных, выделение ключевых признаков, применение методов классификации и регрессии. На основе экспериментального анализа определяются оптимальные параметры спектрального распределения, имеющие наибольшее влияние на точность навигации БПЛА.

Результаты исследования демонстрируют, что применение машинного обучения позволяет существенно повысить точность анализа оптических сигналов. Использование предложенной методики может быть полезно для разработки интеллектуальных систем управления БПЛА, адаптирующихся к изменяющимся условиям окружающей среды.

Список используемых источников:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
2. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.
3. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2009.
4. Duda R., Hart P., Stork D. Pattern Classification. Wiley-Interscience, 2001.
5. Alpaydin E. Machine Learning: The New AI. MIT Press, 2016.

Специализированный комплекс ультразвукового физического инженерного контроля «СКУФИК»

Скуфинский Г.Д., Коноплёв Д.И., Понизяйкин М.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Терешонков В.А.

МАИ, Москва

Специализированный комплекс ультразвукового физического инженерного контроля «СКУФИК» представляет собой перспективное решение для ближайшего будущего. Часто техника и конструкции эксплуатируются до безвозвратного разрушения, что делает плановый комплексный осмотр действующих объектов экономически нецелесообразным из-за временных затрат. Тем не менее, утрата определённой единицы оборудования, как правило, обходится значительно дороже, чем затраты на регулярные технические осмотры (далее – ТО), запланированные в течение срока эксплуатации.

Мы поставили перед собой задачу оптимизировать процесс проведения ТО в любое время и в кратчайшие сроки, чтобы выявлять симптомы усталости материала и обнаруживать скрытые дефекты на ранних стадиях. Это позволит направлять исследуемые объекты на осмотры с уже известными показателями состояния, что поможет специалистам

принимать обоснованные решения по восстановлению и, следовательно, ускорить процесс ремонта.

Решением данной проблемы стало создание концепта «СКУФИК» — автономного дрона, оснащённого акустическим дефектоскопом и камерой для визуального осмотра. Эта разработка обеспечит возможность проведения автономного неразрушающего контроля техники и объектов с использованием визуальных и акустических методов для последующей сертификации.

Область применения «СКУФИК» может включать аэропорты, железнодорожные комплексы, частные компании, предоставляющие услуги неразрушающего контроля, и другие сферы. Данный проект будет способствовать получению высокоточных данных о надёжности оборудования. Внедрение технологии «СКУФИК» снизит влияние человеческого фактора в пользу точной информации: должно существенно уменьшить количество несчастных случаев в различных отраслях.

Кроме того, данный проект может создать новую профессию среди сотрудников заинтересованных компаний: оператора специализированного комплекса ультразвукового физического инженерного контроля. Специалист с такой должностью будет отвечать за обслуживание и программирование дрона для автономных полётов. Таким образом, мы повышаем профессиональный кадровый резерв и обеспечиваем дополнительную безопасность для общества и окружающей среды.

Для нашей команды этот проект представляет возможность углубиться в особенности работы с инновационными разработками и сделать мир более безопасным за счёт предотвращения экологических, производственных и социальных катастроф. Благодаря созданию концепта «СКУФИК» мы сможем предложить более гибкое решение для потребностей потенциальных заказчиков (в т.ч. будет возможно вести работу с каждой единицей оборудования индивидуально: начиная от комплексного анализа и заканчивая программированием цифрового двойника).

Список используемых источников:

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-defektov-v-protyazhennyh-izdeliyah-po-rezultatam-dvumernogo-skanirovaniya>.
2. <https://habr.com/ru/companies/leader-id/articles/491770/>.

Разработка алгоритма создания модульных беспилотных летательных аппаратов с унификацией его компонентов

Степаненко В.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Парафесь С.Г.

МАИ, Москва

В современных условиях особую актуальность приобретает разработка модульных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для транспортировки грузов, способных работать в разнородных средах: от густонаселенных городов, где критична, например, доставка медикаментов, до экстремальных зон с высокими механическими и климатическими нагрузками. Это связано с необходимостью создания БЛА, спроектированных для разных задач (например, БЛА для городской логистики и экстремальных условий), но сохраняющих единую модульную основу для унификации компонентов.

Унификация компонентов для разнородных БЛА обеспечивает гибкость конструкции, снижение затрат и упрощение масштабирования, а также позволяет использовать одни и те же модули в аппаратах разных классов. Например, крепления из титанового сплава становятся стандартом для всех БЛА, работающих в условиях ударных нагрузок. Однако унификация требует компромиссов: модули для малых БЛА должны удовлетворять ограничениям по массе, а модули для крупных — требованиям прочности.

Алгоритм проектирования, объединяющий аналитический и матричный методы, метод Монте-Карло, метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ),

фокусируется на оптимизации энергоэффективности, управлении ресурсами, оценке структурной надежности и адаптации под различные габариты БЛА.

Основная цель состоит в создании алгоритма, который обеспечит проектирование модульных БЛА, способных выдерживать эксплуатационные нагрузки (перегрузки, удары) и адаптироваться под разные габариты (малые, средние, крупные). Алгоритм включает:

- аналитическое моделирование базовых параметров (грузоподъемность, энергопотребление);

- оптимизацию компоновки модулей через матричный метод;
- прогнозирование энергозатрат с использованием МКР;
- оценку структурной прочности через МКЭ;
- оценку рисков и надежности методом Монте-Карло.

Поскольку БЛА принято делить на малый, средний и крупный классы, то алгоритм адаптируется под каждый класс БЛА и различные условия эксплуатации:

- малые БЛА, пример применения — доставка документов: акцент делается на легкость и устойчивость к легким ударам; унифицированные крепления из алюминиевых сплавов позволяют быстро заменять поврежденные модули;

- средние БЛА, используются в геодезии для транспортировки сенсоров. Цель — оптимизация для работы при умеренных перегрузках;

- крупные БЛА, применяются для перевозки тяжелых грузов. Фокус направлен на устойчивость к экстремальным нагрузкам. Здесь критично использование МКЭ для анализа ударной вязкости и Монте-Карло для оценки рисков при аварийных посадках.

Интеграция методов позволяет разработать единый алгоритм, который работает итеративно: данные от численных моделей на основе МКР и МКЭ уточняют аналитические модели, а метод Монте-Карло корректирует матрицу совместимости под выявленные риски. Например, если расчеты МКЭ показывают превышение допустимых напряжений в раме, матричный метод подбирает альтернативные материалы. Для ускорения расчетов применяются редукция моделей (упрощение сеток в МКЭ) и параллельные вычисления.

Таким образом, комбинация методов (аналитического, матричного, МКР, МКЭ, Монте-Карло) обеспечивает проектирование модульных БЛА, адаптированных под широкий спектр задач. Сравнение эффективности подходов позволяет оптимизировать алгоритм, сокращая время разработки и повышая надежность БЛА.

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.

2. Дроны. Открытие мира небесных технологий / Дроны. Революционная технология и бескрайние возможности. – Москва: Издательство АСТ, 2023. – 128 с.

Проектирование и разработка тяжелого транспортного БПЛА большой продолжительности полета

Шевко А.В., Денисов Е.Д.

МАИ, Москва

В результате выполнения работы был спроектирован беспилотный тяжелый транспортный летательный аппарат (БПЛА). Проектируемый БПЛА имеет лонжеронное крыло, в котором расположены крыльевые топливные баки. На крыле размещено шасси. Для снижения экранирования обзорной радиолокационной станции (РЛС) и другого оборудования крыло выполнено из композиционных материалов.

Фюзеляж – стрингерный полумонокок, служит для размещения полезной нагрузки. Хвостовое оперение выполнено V-образным, аэродинамическая схема планера нормальная, моноплан, низкоплан. Шасси трехопорное с носовой опорой, обеспечивает посадку на бетонные взлетно-посадочные полосы (ВПП).

Топливо запасено в крыльевых, фюзеляжных и расходном баках. Масса топлива в них составляет 8,8 т. Топливо используется в качестве хладагента для охлаждения бортового

радиоэлектронного оборудования (БРЭО) и двигателя через топливно-масляный радиатор (ТМР).

Электрэнергия вырабатывается вспомогательной силовой установкой (ВСУ), энергии, вырабатываемой ею, достаточно для управления в ближней и дальней зонах, самостоятельного управления, работы БРЭО, кондиционирования.

Гидросистема с рабочей жидкостью АМГ-10 обеспечивает работу бустерной системы, а также отвечает за выпуск-уборку шасси и торможение. Для аварийного выпуска шасси предусмотрена пневмосистема.

Схема комплекса бортового оборудования (КБО) состоит из нескольких бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), которые при навигационном решении задачи опираются на инерциальную навигационную систему, глобальную навигационную спутниковую систему и другие способы ориентирования. Логика работы обеспечивает автономное выполнение полетного задания и его коррекцию с возможностью отправления отчета.

На первом этапе проектирования были проведен анализ самолетов аналогов, исходя из которого посчитаны относительные характеристики проектируемого БПЛА. В качестве аналогов были взяты RQ-4A (GlobalHawk) и RQ-4B (EuroHawk). В ходе расчета геометрических характеристик были получены следующие значения: площадь крыла – 70,4 м², размах крыла – 43 м, угол стреловидности крыла – 2,5 градусов, площадь горизонтального оперения (ГО) – 9,2 м², размах ГО – 6,7 м, угол стреловидности ГО – 15 градусов.

На втором этапе была посчитана масса самолета во втором приближении, определены масса конструкции и массы оборудования, снаряжения и целевой нагрузки. Был выполнен аэродинамический расчет, в результате которого получены данные по аэродинамическому качеству на различных углах атаки при разных числах Маха, а также на различных высотах атаки при разных числах Маха, построены графики аэродинамического качества по Маху. В результате работы над разделом по динамике полета был определен практический потолок – больше 20000 м ($V_y^* = 0,5$ м/с для неманевренных самолетов), а также построена область возможных полетов.

Были оценены возможные и выбраны подходящие способы обеспечения выполнения задания, с учетом окружающих негативных факторов.

Был определен состав и принцип работы БРЭО, а также требования к наземной составляющей.

Список используемых источников:

1. С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев и др. Под ред. С. М. Егера. Проектирование самолётов: Учебник для вузов // М.: Машиностроение, 1983. 616 с.
2. Погосян М. А., Арепьев А. Н., Мальчевский В. В. Проектирование самолетов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений РФ, обучающихся по специальности «Самолето-и вертолетостроение» // Москва : Изд-во МАИ, 2013. 113 с.
3. Лежанкин Б.В., Ерохин В.В., Малисов Н.П. Управление траекторией полета беспилотного летательного аппарата при различной конфигурации источников навигационной информации // Crede Expert: транспорт, общество, образование, язык. 2024. № 1.
4. Зотов А.А. Расчет самолета на прочность. Шасси, композитное проектирование, усталостная прочность и безопасная повреждаемость : учебное пособие. Москва, Вузовская книга, 2023. 35 с.

Использование симулятора Gazebo для моделирования автономных полётов беспилотных авиационных систем

Шмаков М.Е.

Научный руководитель — Литвин В.М.

КНИТУ-КАИ, Казань

В современном мире широкое развитие находят различные беспилотные авиационные системы (БАС), которые применяются во многих сферах жизни, решая объёмный пласт задач. Многие из этих задач требуют не грамотного управления оператором, а корректного кода программы полётного задания (ПЗ) для системы управления и стабилизации полётом и бортового компьютера. Но тогда возникает проблема отладки программы ПЗ, ведь в случае некорректности её работы, БАС может потерять связь с землёй, неправильно отработать манёвр и прочее, что может привести к провалу полётного задания, повреждению и разрушению дорогостоящих элементов конструкции БАС и полезной нагрузки. Поэтому на этапе разработки и отладки программного обеспечения (ПО) применяются различные компьютерные симуляторы, например симулятор Gazebo — это инструмент для создания и тестирования робототехнических систем в виртуальной среде.

Симулятор позволяет создавать сложные 3D-сцены, включая объекты, препятствия и ориентиры. Позволяет моделировать различные устройства, такие как камеры, лидары, ультразвуковые датчики и прочее опциональное оборудование. Gazebo поддерживает управление симуляцией в реальном времени, что позволяет видеть результаты действий немедленно. Благодаря использованию физических движков, таких как ODE, Bullet и DART, Gazebo может точно учитывать физику движения и взаимодействия объектов. Симулятор Gazebo позволяет тестировать и отлаживать системы в безопасной виртуальной среде, не рискуя реальными устройствами, формировать физически правдоподобные показания виртуальных датчиков.

Для работы симулятора Gazebo необходима установка среды ROS (Robot Operating System) — программное обеспечение роботов, набор разнообразных инструментов и библиотек для разработки робототехнических систем. Необходимо установить зависимости с полётным контроллером и загрузить программное обеспечение QGroundControl — станция управления по протоколу информационного взаимодействия с беспилотными аппаратами MAVLink. Также необходима установка зависимостей между ROS средой и протоколом MAVLink. В случае корректной установки программного обеспечения, протоколов и зависимостей можно приступить к написанию и отладке программы полётного задания.

Всё представленное выше программное обеспечение является открытым и бесплатно для использования.

В данной работе будет рассмотрена отладка ПО для полётного контроллера Pixhawk PX4 Autopilot и микрокомпьютера Raspberry Pi 4 в Gazebo симуляторе для сельскохозяйственной БАС (на базе квадрокоптера), предназначенной для сброса полезных насекомых на полях. Для этого будут смоделированы дрон-носитель, подвес и маршрут.

Список используемых источников:

1. PX4 Руководство пользователя автопилота [Электронный ресурс] [сайт]. [2020]. URL: <https://docs.px4.io/main/en/index.html> (дата обращения 23.12.2024).
2. Симулятор Gazebo [Электронный ресурс] [сайт]. [2022]. URL: <https://gazebo.sim.org/home> (дата обращения 10.01.2025).
3. Учебный конструктор программируемого квадрокоптера [Электронный ресурс] [сайт]. [2021]. URL: https://clover.coex.tech/clover_ru.pdf (дата обращения 10.01.2025).
4. Станция управления протоколом MAVLink [Электронный ресурс] [сайт]. [2019]. URL: <https://qgroundcontrol.com/> (дата обращения 20.01.2025).

Беспилотный автономный комплекс оперативного мониторинга возгораний: прототипирование и разработка программного обеспечения

Ярославцева О.М., Пихур В.В.

Научный руководитель — Селин А.И.

МАИ, Москва

В последние годы проблема лесных и природных пожаров, усугубляемая изменением климата и учащением экстремальных погодных явлений, требует внедрения технологий, превосходящих традиционные методы мониторинга, ограниченные скоростью реакции, охватом территории и человеческим фактором. В качестве решения предложен беспилотный автономный комплекс оперативного мониторинга возгораний на базе роя коптеров.

В отличие от двух ранее разработанных версий, текущая система отличается модульностью конструкции, упрощающей сборку и эксплуатацию, полной автономностью, эстетической привлекательностью, увеличенной дальностью работы и повышенной универсальностью. Комплекс способен обнаруживать возгорания на ранних стадиях и передавать данные в реальном времени для оперативного реагирования. Целью нового исследования стала разработка функционального прототипа.

Разработанный прототип представляет собой масштабированную упрощённую модель исходного аппарата.

В ходе эксперимента подтверждаются следующие гипотезы:

1. Модульность конструкции упрощает процесс постобслуживания.
2. Магнитно-контактная система зарядки обеспечивает эффективность работы автономного комплекса.
3. Автономное взаимодействие коптера с зарядной станцией реализуется без использования GPS, датчиков и камер.

В целях оптимизации бюджета и времени были исключены второстепенные функции, а габариты уменьшены, что не повлияло на проведение прототипирования.

Для управления прототипом автономного комплекса было разработано специализированное программное обеспечение, ключевые модули которого интегрируются в систему управления готового изделия.

Система радиопозиционирования осуществляет взаимодействие летательного аппарата с наземной станцией через постоянный радиообмен данными о позиционировании во внутренней системе координат, наложенной на реальное пространство. Для определения позиции дрона используется комбинация радиосигналов, датчиков IMU (гироскоп+акселерометр) и команд машинного кода.

Гироскоп отслеживает угловую скорость вращения дрона по осям (крен, тангаж, рыскание).

Акселерометр измеряет линейное ускорение, помогая определить перемещение в пространстве относительно начальной точки.

Время приема радиосигналов синхронизируется с командами полетного контроллера, который обрабатывает данные от IMU и радиомодуля в реальном времени. Алгоритмы фильтрации объединяют полученные данные, минимизируя расхождения и генерируя управляющие сигналы для моторов беспилотного воздушного судна.

В случае, прерывания радиосигнала, летательный аппарат продолжает ориентироваться в пространстве на основе IMU, используя последние известные координаты и инерционные данные. При возобновлении связи система автоматически корректирует накопленную ошибку гироскопа и акселерометра, сверяясь с радиопозиционированием.

Это исключает зависимость от геолокации (GPS/ГЛОНАСС) при отсутствии дополнительных датчиков и камер и обеспечивает работу на небольшом расстоянии в условиях пониженной видимости.

Разработанный прототип автономного комплекса мониторинга возгораний подтверждает жизнеспособность ключевых технических решений: модульной конструкции, станции с магнитно-контактной зарядкой и GPS-независимого радиопозиционирования. При обосновании гипотезы подтверждается, что даже в упрощенной конфигурации система обладает потенциалом для масштабирования в полнофункциональный продукт.

Проект представляет альтернативу традиционным методам обнаружения возгораний в лесных массивах и может стать эффективным инструментом в борьбе с поздним реагированием на возгорания, так как предлагаемая система обладает автономностью и универсальностью.

Дальнейшие работы будут направлены на создание дополнительных прототипов для совершенствования алгоритмов взаимодействия роя летательных аппаратов и станций, а также на внедрение дополнительных сенсоров и нейросети для повышения надежности работы системы в полевых условиях.

Список используемых источников:

1. Астахова Н.Л., Лукашов В.А. Дроны и их пилотирование. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. 224 с.
2. Лаврищева Е.М. Программная инженерия и технологии программирования сложных систем. 2-е изд. М.: Юрайт, 2019. 432 с. 12.
3. Федоров Д.Ю. Программирование на языке высокого уровня Python. 2-е изд. М.: Юрайт, 2019. 161 с. 12.
4. Петушкова В.Б., Потапова С.О. Мониторинг и охрана лесов с применением беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9.

Направление №2 Двигатели летательных аппаратов и энергетические установки

Секция №2.1 Теория и расчет двигателей и энергетических установок

Исследование влияния выхлопного эжекторного насадка на рабочий процесс малоразмерного газотурбинного двигателя

Алексенцев А.А.

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

Стендовые испытания газотурбинных двигателей (ГТД) – важный этап отработки принятых при проектировании решений. Испытания двигателей можно проводить в открытом и закрытом боксе. Открытый тип стенда позволяет проводить испытания ГТД большой размерности при меньших затратах на создание бокса.

Сложность современных ГТД диктует более высокие требования к количеству и качеству контролируемых параметров двигателя, из-за чего возникает необходимость создания закрытых испытательных боксов. В работах [1-3] представлены возможные влияния на измеряемые параметры двигателя и способы их приведения к нормальным условиям. В частности, вводится поправка на разрежение давления относительно давления в боксе при использовании выхлопного эжекторного насадка на тягу двигателя.

Использование выхлопного эжекторного насадка является важной частью испытательного стенда, которая позволяет производить отвод, охлаждение и снижение уровня шума реактивной струи. Вовлечение окружающего воздуха из бокса в выхлопную шахту оказывает влияние на значение давления на срезе сопла, а следовательно, и на рабочий процесс ГТД.

Но на сегодняшний день получают большое развитие малоразмерные газотурбинные двигатели (МГТД) тягой до 150 кгс. В 2022 году в Самарском университете была создана молодежная лаборатория «Энергетические установки» с испытательным стендом ГТД тягой до 150 кгс. При постройке лаборатории была спроектирована и смонтирована шахта шумоглушения для обеспечения санитарных норм в прилегающей территории бокса. Отличительной особенностью данной шахты является ограничение рабочей температуры выхлопных газов не выше 550 градусов, что значительно ниже температур газа на срезе сопла. Поэтому для снижения температуры газа, поступающего в шахту, был спроектирован выхлопной эжекторный насадок для снижения температуры

В данной работе был рассмотрен рабочий процесс реактивного сопла МГТД классом тяги 300 Н и спроектированного выхлопного эжектора. Для анализа работы двигателя был проведен численный конечно-элементный анализ рабочего процесса и расчет термогазодинамических параметров двигателя для определения изменений параметров двигателя.

Термогазодинамическая модель [4] двигателя состоит из связанных моделей проектного расчета и выполненного двигателя, что позволяет проводить расчеты на различных режимах работы двигателя. Конечно-элементная модель состоит из сектора проточной части реактивного сопла, сектора эжектора с присоединенным объемом. Это позволяет смоделировать условия нахождения двигателя в условиях бокса.

Поскольку изменение давления на срезе сопла приводит к изменению режима работы турбины, а следовательно, и всего двигателя, то расчет включал несколько итераций передачи данных в термогазодинамическую модель и обратно в конечно-элементную модель. Таким образом было получено схождение значения давления в термогазодинамической модели и конечно-элементной модели при относительном отклонении менее 1%.

Проведение эксперимента в условиях бокса проводились на испытательном стенде МГТД с выхлопным эжектором и трубой большого диаметра и на значительном удалении от сопла, для минимизации эжектирующего эффекта в области работы реактивного сопла.

В результате эксперимента были получены дроссельные характеристики в различных условиях работы и приведены к нормальным условиям для оценки влияния на практике выхлопного эжекторного насадка.

Работа выполнена по проекту FSSS-2022-0019, реализуемого в рамках федерального проекта «Развитие человеческого капитала в интересах регионов, отраслей и сектора исследований и разработок», результат «Созданы новые лаборатории, в том числе под руководством молодых перспективных исследователей».

Список используемых источников:

1. Клинский Б.М. Определение влияния аэродинамики бокса испытательного стенда на силу от тяги газотурбинного двигателя посредством изменения компоновки входного лемнискатного насадка // Вестник Московского авиационного института. 2021. Т. 28. № 4. С. 163-179. DOI: 10.34759/vst-2021-4-163-179.

2. Клинский Б.М. Определение величины входного импульса как поправки к силе от тяги ГТД в (закрытом) боксе испытательного стенда // Авиационные двигатели. 2019. № 3 (4). С. 25-34.

3. Клинский Б.М. Определение аэродинамической силы в закрытом боксе стенда для испытаний ТРДД с большой степенью двухконтурности // Авиационные двигатели. 2021. № 1 (10). С. 81-93.

4. 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.

Создание суррогатной модели для оценки влияния отклонения угла установки лопатки на характеристику ТРДД

Бабушкина Я.В., Соколова А.С., Дружкова Ю.А.

Научный руководитель — Волков А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

При капитальном ремонте КВД новые рабочие лопатки обычно смешиваются с повторно используемыми, объем работ по восстановлению которых варьируется от «проверки на соответствие требованиям» до «наплавления торца пера лопатки». Таким образом, в компрессоре после эксплуатации можно обнаружить широкий спектр отклонений по геометрии профиля, в связи с этим, проводятся мероприятия по принятию решений по отклонениям лопаток. Для снижения вычислительных затрат и уменьшения затрачиваемого времени было принято решение использовать суррогатную модель.

Цель работы – сформировать математическую модель для оценки влияния угла установки профиля на характеристику ТРДД.

Аппроксимационной или суррогатной моделью называют математическую модель, которая упрощает поведение более сложных систем или процессов. Модель строится с использованием данных численного моделирования или из натурального эксперимента.

Модель формировалась для семиступенчатого компрессора высокого давления с входным направляющим аппаратом. Отклонения рассматриваются в пятнадцати венцах, без учета спрямляющего аппарата, так как изменение угла установки профиля в рассматриваемом диапазоне для этого венца почти не влияет на изменение характеристики компрессора.

Формирование суррогатной модели началось с расчета характеристик компрессора с номинальной геометрией. Проведена параметризация лопаток компрессора, построена вычислительная сеть, рассчитаны напорные ветки на частоте вращения $(n_{прив})=0,97$, $(n_{прив})=1$, $(n_{прив})=1,03$. Граница ГДУ определялась по последней точке на напорной ветке, имеющей устойчивое решение.

Далее проводились мероприятия по автоматизации расчета напорных веток. Параметром для изучения отклонений принят угол установки профиля. Для сокращения времени расчета выбраны пять точек с напорной ветки. Для автоматизации использовался программный пакет rSeven. Автоматизация расчета проводилась для дальнейшего создания обучающей выборки.

Создание суррогатной модели началось с выбора объема обучающей выборки – количества расчетных случаев. Для напорной ветки ($n_{прив}=1$), создано 6 вариантов суррогатных моделей с разным количеством расчетных случаев. Все модели были валидированы и в результате выбрана модель №4 с 148 вариантами расчетных случаев. Далее были сформированы две суррогатные модели для оставшихся напорных веток.

Далее в программе rSeven была сформирована суррогатная модель характеристики компрессора. Оценивать влияние отклонений можно двумя способами: детерминировано, с заданными значениями отклонений и недетерминировано, с заданными значениями отклонений и заданной неопределенностью отклонений в виде нормального распределения.

В результате работы получена суррогатная модель характеристик, с помощью которой можно быстро и с приемлемой точностью оценивать влияние отклонений. А также модель позволяет учесть влияние диапазона отклонений путем использования задания неопределенности на входные параметры. Результат такого расчета позволит определить доверительный интервал значений выходных параметров и оценить его.

Суррогатная модель успешно прошла апробацию работы на реальных отклонениях, взятых из протокола измерений, показала достаточный уровень точности. В дальнейшем с помощью полученной модели возможно повысить скорость и точность принятия решений по отклонениям.

Список используемых источников:

1. «Effect of manufacturing deviations on Performance of axial flow compressor blading», Ezio Marson, Westinghouse Canada Inc., Hamilton, Ontario, Canada, 1992.
2. «Impact of geometric variability on axial compressor performance», Victor E. Garzon, David L. Darmofal, department of aeronautics and astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2003.
3. «Sensitivity analysis of manufacturing variability on high-pressure compressor performance» Zheng Siyu, Teng Jinfang, Qiang Xiaoqing, school of aeronautics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 2018.
4. «Nonlinear uncertainty quantification of the impact of geometric variability on compressor performance using an adjoint method» Zhang Q., Xu S., Chin J Aeronaut 2021.

Оптимизация процесса смешения компонентов топлива в ЖРД с применением фрактального анализа

Васильева А.С.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Филиппова А.С.

МАИ, Москва

Эффективность жидкостных ракетных двигателей (далее ЖРД) критически зависит от интенсивности и полноты перемешивания компонентов топлива в камере сгорания (далее – КС). Но порой традиционные вычислительные подходы, основанные на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS) с применением моделей турбулентности (таких, например, как k-ε и k-ω), сталкиваются с серьезными ограничениями.

В силу присущей им изотропности и усреднения, данные модели не всегда адекватно воспроизводят сложные турбулентные потоки с ярко выраженной анизотропией и вращательными структурами, характерными для камер сгорания ЖРД. В частности, они зачастую недооценивают влияние мелкомасштабных вихревых образований и нестационарных явлений, которые, как показывают исследования, могут существенно влиять на скорость и однородность смешивания, а следовательно, и на эффективность сгорания.

Численное моделирование процессов горения в КС ЖРД зачастую бывает весьма сложно и даже затратно. Притом во многих исследованиях фрактальная природа турбулентных струй учитывается недостаточно, а это в свою очередь уже может приводить к неточностям в прогнозировании параметров горения. В настоящей работе предлагается интегрировать фрактальный анализ в процесс моделирования, тем самым повысить точность прогнозов.

Методология

Предлагаемый метод основан на использовании фрактальной размерности для характеристики геометрии топливных струй. Показатель фрактальной размерности будет определяться на основе анализа изображений с применением алгоритмов оценки фрактальной размерности. Затем D будет использоваться в качестве параметра в модифицированной модели смешения, учитывающей геометрическую сложность струй.

Для описания процесса диффузии и смешения можно использовать модели, учитывающие фрактальную структуру потока (модифицированные уравнения диффузии с фрактальным параметром D). В рамках этого подхода фрактальная размерность будет характеризовать эффективность смешивания: более высокая фрактальная размерность будет соответствовать более эффективному смешиванию. Таким образом, оптимизация конструкции камеры сгорания будет направлена на достижение оптимальной фрактальной размерности.

На данный момент предварительные результаты моделирования показывают, что использование подобного подхода позволяет получить более точные прогнозы скорости смешивания по сравнению с традиционными методами. Увеличение фрактальной размерности в свою очередь коррелирует с увеличением скорости смешивания, что подтверждает эффективность предложенного подхода. Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение модели и расширение диапазона применяемых параметров.

Заключение

Предложенный подход к моделированию процесса смешения компонентов топлива в ЖРД на основе фрактального анализа позволяет более точно учитывать геометрическую сложность турбулентных потоков и потенциально повысить точность прогнозирования эффективности сгорания. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку более совершенных моделей, учитывающих взаимодействие фрактальной геометрии с другими параметрами процесса горения. Этот подход может оказать существенное влияние на оптимизацию конструкции ЖРД и повышение их эффективности.

Список используемых источников:

1. Колмогоров, А. Н. (1941). Локальная структура турбулентности в несжимаемой вязкой жидкости при очень больших числах Рейнольдса // Доклады Академии наук СССР, 30(4), 299-303.
2. Мартюшов, С. Н. Численное моделирование горения водородо-воздушных газовых смесей// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. - 2021 - №7 - Р. 103-106.
3. Sutton, G. P., & Biblarz, O. (2016). Rocket Propulsion Elements // (9th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Исследование особенностей течений в задисковой полости центробежного компрессора малоразмерного ТРД

Велиев Т.И.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В настоящее время актуально создание линейки отечественных малоразмерных газотурбинных двигателей. В конструкции малоразмерных двигателей применяется центробежный компрессор. В результате в конструкции возникает закомпрессорная полость, в которой реализуется центростремительное течение воздуха. Распределение параметров потока в данной полости имеет определяющее значение для определения осевой силы

ротора, расчета пневмосхемы двигателя и расчёта системы смазки при ее реализации созданием смеси топлива и воздуха. Известные работы по исследованию течения между двумя дисками, один из которых вращается, а другой неподвижен, относятся в основном к двигателям большой размерности. Применение одномерных подходов к расчету осевых сил малоразмерных двигателей приводит к завышенным результатам. С точки зрения аналитических решений задачи центростремительного течения между вращающимся и неподвижным дисками необходимо уточнение коэффициентов трения, как на вращающемся диске, так и на неподвижном. Современные возможности численного моделирования позволяют моделировать это течение, однако получаемые результаты зависят от постановки задачи и граничных условий. Необходимо создание практических рекомендаций по реализации решения данной задачи. С целью исследования влияния структуры расчетной задачи на результаты численного моделирования в закомпрессорной полости было проведено моделирование течения в полости малоразмерного ТРД при различных настройках расчетной модели. Исследовалась модель изолированной полости, а также модель, включающая компрессор и лабиринтные уплотнения. Результаты сравнивались с замерами статического давления при испытаниях двигателя. Установлено, что упрощение расчетной модели с точки зрения вычислительных ресурсов значительно снижает объем задачи, но приводит к погрешностям при определении распределения давления в полости и оценке расхода через полость. На пониженных режимах работы двигателя наиболее близкие к эксперименту результаты получены при использовании ke модели турбулентности, а на режимах близких к максимальному – с использованием sst модели. Это говорит о необходимости использования различных настроек для моделирования на разных режимах течения.

Программная реализация методики построения укороченного контура сверхзвуковой части сопла методом характеристик

Винокуров Е.М.

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

МАИ, Москва

Сопло жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) – устройство, предназначенное для создания тяги путем преобразования тепловой энергии продуктов сгорания в кинетическую энергию потока. С точки зрения эффективности наиболее оптимальными являются профилированные сопла, обеспечивающие минимальные потери удельного импульса тяги.

В работе [1] изложена методика построения сверхзвуковой части сопла методом характеристик с равномерным распределением параметров потока на срезе сопла. Главное преимущество сопел данного типа – отсутствие потерь удельного импульса на рассеяние. Однако данному виду сопел свойственна большая длина, что ведет к росту массы и потерь удельного импульса на трение.

В данной работе представлена программная реализация методики построения контура сверхзвуковой части сопла методом характеристик, укороченного до заданной длины и радиуса. Сопла данного типа являются более оптимальными, так как имеют меньшую длину, что ведет к снижению массы и потерь удельного импульса на трение. При этом потери удельного импульса на рассеяние у сопел данного типа невелики.

Данная программная реализация позволяет построить профиль камеры ЖРД с плавным входом в сверхзвуковую часть сопла. Скругление закритической области сопла позволяет исключить опасность срыва потока и упростить технологию изготовления. Однако длина данных сопел больше, чем у сопел с изломом контура в критическом сечении [2].

С целью проверки реализации методики были спроектированы сверхзвуковые сопла ряда ЖРД. Полученные контуры сравнивались с профилями, построенными по методикам, применяемым в ракетно-космической отрасли (далее – модельные). Сравнение показало, что полученные сопла имеют максимальное отклонение по радиусу от модельных порядка 1%. Также в ряде случаев полученные контуры являлись более гладкими.

Сравнение потерь пустотного удельного импульса в полученных и модельных соплах было проведено с использованием численного моделирования истечения газа. Моделирование проводилось в программном комплексе ANSYS, в модуле вычислительной гидродинамики CFX.

Численное моделирование показало, что потери пустотного удельного импульса сопел, полученных путем профилирования, и модельных сопел отличаются менее чем на 5%.

Таким образом, контуры полученных сверхзвуковых сопел ЖРД можно считать близкими к модельным, а потери в них сопоставимыми. Из этого можно сделать вывод, что выполненная в данной работе программная реализация методики построения контура сверхзвуковой части сопла методом характеристик является работоспособной.

Список используемых источников:

1. Станкевич, Д. Б., Стернин, Л. Е. Модернизация расчетов контуров реактивных сопел ЖРД [Текст] / Д. Б. Станкевич, Л. Е. Стернин // Труды НПО ЭНЕРГОМАШ имени академика В.П. Глушко. — 2007. — № 25. — С. 139-171.

2. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник для высших учебных заведений [Текст] / М. В. Добровольский — 3-е изд., доп. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 — 461 с.

Моделирование спиновой детонации в конических камерах двигателей летательных аппаратов: влияние конусности и геометрических размеров камер сгорания

Воронин А.А.

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

МАИ, Химки

В данной работе выполнено трёхмерное моделирование непрерывной спиновой детонации в конических камерах сгорания с целью исследования процессов формирования и распространения детонационных волн в топливных смесях водород–воздух. Особое внимание уделено влиянию геометрии канала, включая угол конусности и линейные размеры камер, на характеристики детонационного горения.

Цель исследования — разработать и проанализировать численные модели конических камер с различными геометрическими параметрами. Известно, что изменение конусности может как способствовать стабилизации детонационных волн, так и приводить к их срыву [1–4]. Для расчётов использовалась программа CFD (ANSYS FLUENT), в которой созданы несколько моделей конических камер с углами конусности 30° и 60°, длиной канала 50 и 100 мм, шириной канала 10 и 20 мм, а также различными диаметрами оснований. Процесс горения описывался одноступенчатой реакцией водород–воздух, модель смешения и переноса компонентов выбрана Finite-rate, модель турбулентности задана моделью K-epsilon. Поддача топливной смеси устанавливалась через нижнее сечение конуса (широкое основание), а для моделирования форсунок вход был условно разделён на 128 сегментов.

На первом этапе исследовались две камеры с углом конусности 60° и длиной канала 50 и 100 мм. По результатам расчётов, структура детонационной волны в целом соответствует ранее полученным данным для цилиндрического канала. В ходе моделирования камера постепенно «заужалась»: уменьшение выходного сечения сопровождалось появлением ряда ударных волн, движущихся в противоположном направлении, что свидетельствует о недостаточной силе детонации и снижении её скорости. При сечении, меньшем ширины канала, детонационное горение переходило в дефлаграционное. В большей камере реинициализация детонации с постоянной шириной канала не происходила автоматически; при повторном запуске наблюдалось дефлаграционное горение. Для исправления ситуации ширину канала на выходе увеличили до 40 мм. После стабилизации в малой камере установился режим с восемью детонационными волнами, со скоростью 1180 м/с и давлением до 20 МПа. В большей камере сформировался режим 14 волн со скоростью 1200 м/с. Число Маха на выходе достигало 1,15 и 1,4 соответственно.

На втором этапе аналогичные исследования проведены для двух камер с углом конусности 30° и длиной канала 50 и 100 мм. Как и на предыдущем этапе, параметры детонационной волны оказались сходными с ранее полученными результатами. Сужение канала до величины, меньшей ширины камеры также приводило к срыву детонации. Длина канала также оказывала существенное влияние на возможность повторного запуска детонационной волны. После стабилизации в малой камере зафиксировано шесть детонационных волн со скоростью 1460 м/с с пиковым давлением 20 МПа, тогда как в большой — двенадцать волн со скоростью 1200 м/с. Число Маха на выходе составило 1,22 и 1,4 соответственно.

На третьем этапе была исследована камера прототип с углом конусности 30° и установленным соплом, в конструкцию которой внесли поправки, основанные на выводах предыдущих этапов. По структуре детонационной волны результаты в целом аналогичны ранее полученным, однако из-за особенностей конструкции внутри камеры образуется вихрь. После стабилизации зафиксировано четыре детонационные волны со скоростью 1300 м/с с пиковым давлением 20 МПа, а число Маха на выходе достигло 1,8.

На основе проведенной работы можно сделать выводы:

1. Сужающийся канал оказывает негативное влияние на скорость детонационной волны, поскольку формирует противодействие за счёт геометрических факторов.
2. Предельное заужение конических камер возможно лишь до величины, соответствующей выбранной ширине канала.
3. При постоянной ширине канала увеличение длины канала затрудняет повторный запуск детонации; рекомендуется расширять выходное сечение для сохранения устойчивого детонационного режима.

4. Малый угол конусности позволяет уменьшить высоту (габариты) камер сгорания.

Список используемых источников:

1. Brophy, C. M., Codoni, J. R., and Thoeny, A. "Channel Width Impact on RDE Performance with Fuel Injection Parity." AIAA Science and Technology Forum and Exposition, AIAA SciTech 2022 Forum, 2022.
2. Fotia, M. L., Hoke, J., and Schauer, F. "Experimental Performance Scaling of Rotating Detonation Engines Operated on Gaseous Fuels." Journal of Propulsion and Power, Vol. 33, No. 5, 2017, pp. 1187–1196.
3. 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.
4. Быковский Ф.А., Ждан С.А. Непрерывная спиновая детонация. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 70-73 с.

Влияние эрозийного износа на газодинамические характеристики компрессора турбовального двигателя

Вохмяков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тармаев А.А.

МАИ, Москва

Современный турбовальный ГТД длительное время в эксплуатации находится в характерных для вертолетов неблагоприятных условиях. Вблизи земли значительные массы песка и пыли попадают в проточную часть двигателя. В наибольшей степени газоабразивному износу подвержены элементы осевого компрессора, что объясняется его передним расположением и «ажурностью» конструкции [1]. В следствии этого изменяются газодинамические характеристики компрессора – повышается уровень вторичных потерь, уменьшается диапазон устойчивой работы компрессора, повышается вероятность срыва потока; ухудшаются характеристики двигателя вплоть до состояния, приводящего к досрочному съему двигателя с эксплуатации. В этой связи актуально моделирование трехмерного течения потока в газозоудушном тракте компрессора, позволяющее оценить

влияние эрозийного износа лопаток на его характеристики, определить величины допустимых износов.

В качестве объекта исследования был выбран осевой компрессор турбовального двигателя перспективного вертолета. Моделирование течения газа в осевом компрессоре проводилось методом конечных элементов в программной среде вычислительной гидро- и газодинамики ANSYS CFX. Количество элементов конечно-элементной сетки для одной ступени составило 550 000. В программном комплексе ANSYS Workbench построены модели лопаток ступени осевого компрессора с различными видами износа [2]. В качестве изменяемого параметра при построении различных моделей износа принята длина хорды профиля (b) в силу возможности контроля в условиях эксплуатирующей организации [3].

Для построения напорных характеристик статическое давление на выходе из ступени (p_i) изменялось в диапазоне от 86 000 Па до значений, при которых возникает срыв потока с не подвергнутой износу лопатки. Анализ полученных напорных характеристик позволил определить, что при наиболее грубой модели, то есть при линейном симметричном износе, срыв потока наступает при статическом давлении меньшем на 1 000 Па. При этом, разница в степени повышения полного давления рабочего колеса с износом ($\pi_{i\wedge}$), по сравнению с моделью, не подверженной износу, составляет 1,07%. Максимальное значение КПД рабочего колеса подверженному линейному симметричному износу ($\eta_{i\wedge}$) меньше на 2% относительно рабочего колеса без износа. Наиболее близкой по параметрам к лопаткам, не подверженным износу, является модель с несимметричным нелинейным износом. Линия устойчивой работы находится ниже при разнице расходов воздуха (G_v) 0,1 кг/с.

Полученная модель позволила подтвердить, что газоабразивный износ оказывает существенное влияние на работу компрессора. Улучшить модель позволит наличие статистической базы изменения профилей лопаток компрессора в зависимости от наработки. Степень повышения давления у рабочего колеса с несимметричным нелинейным износом меньше на 0,86%, чем у лопаток без износа, а максимальное значение КПД ступени меньше на 0,85%.

При наличии данных по эрозийному износу лопаток модель позволяет получить газодинамические характеристики как отдельных ступеней, так и компрессора в целом. Полученные результаты, подходы позволяют разрабатывать прогностические модели влияние газоабразивного износа на характеристики двигателя.

Список используемых источников:

1. Тармаев А.А. Эксплуатационная надежность вертолетных силовых установок и их аппаратуры автоматики // Авиационная промышленность. – 1997. – № 3-4. – С. 71-73.
2. Павленко Д.В., Двирник Я.В. Закономерности изнашивания рабочих лопаток компрессора вертолетных двигателей, эксплуатирующийся в условиях запыленной атмосферы // Вестник двигателестроения. – 2016. – № 1. – С. 42–51.
3. Потапов В.А., Санько А.А. Моделирование характеристик многоступенчатого осевого компрессора турбовального газотурбинного двигателя с учётом нелинейности эрозийного износа его лопаток // Научный Вестник МГТУ ГА. – Том 23. – 2020. – №5. – С. 32–52.

Исследование путей улучшения структуры потока входного устройства турбовинтового двигателя на снижение потерь

Гатауллина Е.Д., Мельников С.А.

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

Самарский университет, Самара

В работе были исследованы пути улучшения структуры потока входного устройства турбовинтового двигателя, направленные на снижение потерь.

Было выполнено численное моделирование в программном комплексе NUMECA, которое показало, что на выходе стойки происходит запирание в узком месте межлопаточного канала при больших расхода воздуха, что вело к образованию развитых отрывных зон и большим потерям полного давления. Коэффициент восстановления полного давления составил 0,9856.

В ходе исследования были рассмотрены такие пути снижения гидравлических потерь как:

- изменение размера галтели;
- перепрофилирование периферийного трактового обвода проточной части;
- изменение толщины лопатки.

В первую очередь было проведено исследование по оценке влияния высоты галтели. В исходной модели высота галтели составляла 20 мм, но для исследования были рассмотрены еще два варианта, с высотой 10 и 5 мм. Выполнив расчет еще двух вариантов и оценив результаты, было определено, что высота галтели не имеет значительного влияния как на структуру потока, так и на потери, однако для дальнейших исследований была выбрана модель с размером галтели 10 мм, коэффициент восстановления полного давления для которой составил 0,9859.

Следующим этапом было оценено влияние перепрофилирования периферийного трактового обвода проточной части. В ходе этого этапа были созданы несколько моделей, в каждой из которых производилось поэтапное перепрофилирование. В ходе перепрофилирования увеличивался периферийный диаметр на выходе из стойки, в то время как втулочный обвод проточной части и входная область оставались неизменными. Данное мероприятие было направлено на достижение более плавного периферийного обвода и устранения записания в межлопаточном канале, абсолютное число Маха в которой составляло 0,55.

Таким образом, итеративно изменяя тракт, рассчитывая модель и оценивая результаты, удалось избавиться от зоны, в которой происходило записание. В конечном варианте значение коэффициента потерь составило 0,9922, а значение числа Маха снизилось до 0,53.

На последнем этапе было исследовано влияние уменьшения толщины лопатки на структуру потока и потери. Вариант стойки с уменьшенной толщиной лопатки на 10%, на относительном расстоянии, равном 0,125 от выходной кромки, не дал значительных изменений. Таким образом, был сделан вывод оставить исходную конфигурацию.

В конечном итоге путем раскрытия тракта на периферии удалось снизить потери на 0,64% от исходного варианта с высотой галтели 10 мм.

Список используемых источников:

1. А.А. Иноземцев, В.Л. Сандрацкий. Газотурбинные двигатели — П.: Авиадвигатель, 2006. — 1204 с.
2. В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. 4-е изд., испр. В 2 кн. Кн. 1. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термодинамический анализ. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 336 с.

Влияние дожигания топливной смеси на аэродинамическое сопротивление донной части летательного аппарата

Громова А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Шилин П.Д.

ТулГУ, Тула

На современном этапе развития техники и технологий аэродинамические характеристики летательных аппаратов (ЛА) играют ключевую роль в процессе их проектирования. Особое внимание уделяется вопросам повышения баллистической эффективности, что представляет значительный интерес для специалистов в данной области [1].

ЛА имеют значительное донное сопротивление из-за разделения потока и образования зоны рециркуляции с низким давлением и скоростью вблизи дна. При этом донное сопротивление может достигать 50% от общего сопротивления, в особенности на околозвуковых скоростях.

Одним из методов уменьшения донного сопротивления является оптимизация формы ЛА, которая заключается в уменьшении площади поверхности дна, однако такой подход не

дает значительных результатов и может привести к конструктивным сложностям. Другой метод заключается в увеличении давления и тепловой энергии в донной части ЛА за счет введения низкоскоростного вещества в зону рециркуляции.

Введение вещества, способного вступить в реакцию с кислородом, увеличивает общую энтальпию газообразных продуктов. Газы, которые могут легко гореть при контакте с воздухом, при дожигании будут выделять значительное количество энергии, что помогает снизить донное сопротивление ЛА.

В рамках исследования рассматривается численное моделирование потока газообразных продуктов с эффектом дожигания и без него. Расчет производился в двумерной осесимметричной постановке с использованием уравнение Навье-Стокса для многокомпонентной химической системы. При проведении оценок выявлено, что дожигание способствует увеличению энергии и снижению донного сопротивления на 78% относительно расчетов с потоком горячего газа без дожигания, что позволяет улучшить аэродинамическую эффективность ЛА.

Список используемых источников:

1. Ветров В.В. Баллистическая эффективность летательных аппаратов: учеб. пособие для студентов вузов / В.В. Ветров, А.И. Дикшев, Е.М. Костяной, П.Д. Шилин ; под ред. проф., д-ра техн. наук В.В. Ветрова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. – 210 с.

Исследование аэродинамических характеристик сопловой решетки при наличии силовой стойки на входе

Давыдов А.А.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В межтурбинном переходном канале многовальных двигателей существует система статорных элементов, которая образуется при включении в переходный канал силовых стоек и сопловых аппаратов первой ступени турбины низкого давления. Цель данного конструктивного решения – сокращение осевой длины двигателя. При этом возникают эффекты аэродинамической интерференции, которые приводят к увеличению потерь в сопловом аппарате. Данные эффекты усиливаются при уменьшении размерности проточной части.

С целью изучения влияния взаимного расположения силовых стоек и сопловых аппаратов было проведено экспериментальное и численное исследование плоской сопловой решетки совместно с силовой стойкой. Исследовалось влияние размерности проточной части с точки зрения вторичных течений, влияние осевого расстояния между стойкой и сопловым аппаратом и взаимного расположения сопловых аппаратов и стоек по шагу решетки.

Экспериментальная продувка выполнялась на низконапорном аэродинамическом стенде. Исследования проводились в области автомодельности по числу Рейнольдса. На стенде замерялось поле полного давления за моделью и параметры потока на входе в модель. Поле полного давления усреднялось по шагу и высоте с целью определения потерь кинетической энергии, которые являются основной характеристикой статорных элементов проточной части ГТД. Также было проведено численное моделирование рабочего процесса всего экспериментального стенда.

По результатам исследований установлено:

1. Размерность проточной части влияет на потери при обтекании изолированной силовой стойки за счет увеличения областей распространения вторичных вихрей, образовавшихся на входной кромке стойки. Размер этой области зависти только от размеров вихрей и не зависит от размерности проточной части. Т. е. вторичные потери на силовой стойке определяются процессами на входной кромке.

2. С уменьшением размерности проточной части потери на стойках переходного канала увеличиваются за счет роста доли области потока, занятого вторичными течениями в общей площади поперечного сечения канала. Увеличивается объем входной завихренности перед сопловым аппаратом.

3. В системе статорных элементов силовая стойка – сопловой аппарат имеются эффекты аэродинамической интерференции, заключающиеся в увеличении потерь в сопловом аппарате при наличии стойки. Увеличение потерь в сопловом аппарате слабо зависит от размерности проточной части соплового аппарата, а в основном определяется потерями на стойке.

4. Установлено, что в условиях наличия входной завихренности потока увеличивается высота проточной части, при которой реализуется смыкание вторичных течений в сопловом аппарате.

Список используемых источников:

1. «ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОДУВОК ПЛОСКИХ РЕШЕТОК ТУРБОМАШИН» Вятков В.В., Тошаков А.М. Ковалева Н.Н., Давыдов А.А., Давыдов А.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024682869, 17.09.2024. Заявка № 2024681361 от 27.09.2024.

2. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор) / Под общ. редакцией В.А. Скибина и В.И. Солонины. – М.: ЦИАМ, 2010. – 676 с.: ил.

3. Иноземцев, А.А., Нихамкин А.М., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. – М.: Машиностроение, 2008. – Том 1. – 201 с.: ил. – (Серия: Газотурбинные двигатели).

4. Богомолов Е. Н. Вятков В. В., Ремизов А. Е. Газодинамика лопаточных венцов и переходных каналов турбин современных ГТД / Е. Н. Богомолов – М.: РАН, 2012. – 168 с.: ил.

Апробация подхода к CFD-моделированию эксперимента по продувке решеток сопловых аппаратов

Ильин И.М., Гатауллина Е.Д.

Научный руководитель — Мельников С.А.

Самарский университет, Самара

Сегодня основным инструментом анализа рабочего процесса турбомашин являются методы вычислительной газовой динамики (CFD). Они основаны на численном решении системы уравнения Навье-Стокса. Сейчас это самый точный расчетный инструмент в руках инженера, который позволяет с высокой достоверностью изучить структуру течения в канале любой формы с учетом всех нюансов реальной геометрии проточной части, таких как, гаттели, зазоры, уступы, реальные эпюры распределения параметров по высоте каналов и т.п. [1].

Выбраны следующие профили экспериментальных решёток из [2] для CFD-расчета: 1, 2, 5, 6, 7, 168. Решетки 5, 6, 7 представляют собой группу одинаковых профилей с разными углами установки.

Для решёток из [2] приведены полученные в ходе эксперимента распределения параметров по ширине межлопаточного канала и по высоте. Важным моментом при обработке результатов испытаний являлось осреднение параметров потока вдоль фронта решётки. Средние параметры потока за решёткой находились осреднением по фронту действительных параметров при условии сохранения энтальпии торможения, полного импульса и количества движения в исходном неоднородном и условном осреднённом потоках, для этого был подготовлен специальный макрос на языке программирования Python, запускаемый в программе CFView.

В атласе данные для различных турбинных решёток представлены следующие экспериментальные данные: интегральное значение профильных потерь $\xi_{пр}$ и угол потока на выходе из межлопаточного канала решётки $\beta_{ср}$. Для удобства сопоставления характеристики решеток приведены в [2] в безразмерном виде: все линейные размеры отнесены к хорде профиля; толщина выходной кромки d_2 отнесена к размеру выходного сечения a_2 межлопаточных каналов.

По построенным профилям создавались 3D модели решеток для экспорта в Numeca «AutoGrid» с целью создания сеточной модели. Настройки были заданы исходя из

рекомендаций в [3]. Сеточная модель контролировалась по параметрам $ER=12$, $MR=277$. В качестве граничных условий задавался перепад давления по приведённой скорости из графика зависимости $\zeta_{пр} = f(\lambda_{2ад})$ в [2] для выбранных профилей решёток. На входе задавалось полное давление $p^* = 101325$ Па, полная температура $T^* = 288,13$ К.

CFD расчет проводился с использованием следующих моделей турбулентности: Spallart-Allmaras; k- ω (Wilcox); SST. В качестве рабочего тела использовался Air (Ideal gas) с учетом зависимостей теплоёмкости, теплопроводности и динамической вязкости от температуры воздуха из библиотеки Numeca Fine Turbo. При расчете профилей, в которых выходной угол потока из межлопаточного канала меньше 10 градусов от фронта решётки, наблюдались проблемы сходимости расходов на входе и выходе из расчётной зоны, например для профилей 2, 5, 6, 7. Результаты расчёта по используемой модели для этих решёток не обрабатывались. Были обработаны результаты расчета профилей 1 и 168. Также была оценена разница между расчетными и экспериментальными значениями $\zeta_{пр}$ – коэффициента потерь по моделям турбулентности.

Таким образом сформулированы рекомендации по расчёту профилей турбинных решёток. Наименьшие расхождения с экспериментом получены с использованием модели турбулентности SA, но расхождения с экспериментом интегральных параметров коэффициента потерь и выходного угла потока превышают 5% при моделировании дозвуковых режимов работы решётки.

Список используемых источников:

1. Батурин О.В., Горшков А.Ю., Попов Г.М. и др. Выбор модели для оценки профильных потерь в лопаточном венце с помощью методов математической статистики // Известия Самарского научного центра РАН. — 2017. — Т. 19. № 1 (2). — С. 319-324.
2. Венедиктов, В.Д. Атлас экспериментальных характеристик плоских решеток охлаждаемых газовых турбин / В.Д. Венедиктов, А.В. Грановский // ЦИАМ.1990.393 с.
3. Попов Г.М., Батурин О.В., Горячкин Е.С. и др. Оптимизация рабочего процесса осевой неохлаждаемой турбины с использованием решателя 3D уравнений Навье-Стокса // Известия Самарского научного центра РАН. — 2017. — Т. 19. № 1. — С. 107-115.

Исследование отбора воздуха в третий контур для низконапорного компрессора ТРДДФ

Кикоть К.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Федечкин К.С.

МАИ, ОКБ им. А. Люльки, Москва

Одним из требований к двигателю нового поколения является обеспечение высоких параметров на различных режимах полёта. Например, для режима взлёта и набора высоты требуется максимальная тяга, а для крейсерского полёта – наибольшая экономичность. Возможным решением является применение двигателя с адаптивным циклом [1]. Такой двигатель обладает большим количеством регулируемых элементов, позволяющих обеспечить оптимальные значения параметров термодинамического цикла для разных условий полёта.

Примером двигателя с изменяемым циклом является турбореактивный трёхконтурный двигатель (ТРТД). В данной схеме дополнительным регулирующим фактором является отбор воздуха от компрессора низкого давления. В статьях [2, 3] исследовалось влияние отбора на характеристики трёхступенчатого высоконапорного компрессора. В рамках данной работы рассматривался аналогичный отбор для низконапорного компрессора.

Расчёт характеристик компрессора проводился с помощью методов 3D-CFD. На первом этапе выбиралось место отбора: за первым рабочим колесом, из середины межлопаточного канала первого направляющего аппарата или за первым направляющим аппаратом. По результатам расчётов был выбран отбор за направляющим аппаратом, поскольку на частотах вращения ниже 90% он показал наибольшее увеличение суммарного расхода воздуха через компрессор и КПД.

На втором этапе моделировались два варианта узла отбора – канал с разделителем и целевой отбор. Целевой отбор более прост в конструктивной реализации, однако обладает повышенными гидравлическими потерями. Канал с разделителем при одинаковой площади может пропустить больший расход, но при этом регулирование величины отбора становится более сложным с точки зрения конструкции.

В результате расчётов было установлено, что для частоты вращения ниже 90% больший прирост по КПД и большее увеличение расхода даёт канал с разделителем. Увеличение КПД позволяет повысить экономичность двигателя, а больший суммарный расход приведёт к снижению дополнительного сопротивления воздухозаборника на нерасчётных режимах и, тем самым, уменьшает значение потребной тяги. При частотах вращения выше 90% расход через компрессор не увеличивается, а КПД и запасы газодинамической устойчивости снижаются. Это обуславливает необходимость управления величиной расхода отбираемого воздуха в зависимости от режима работы компрессора.

Список используемых источников:

1. Технология третьего контура в ГТД боевых летательных аппаратов шестого поколения : Труды ЦИАМ №1360 /А.С.Дрыгин, И.С.Кизеев, Ю.А.Эрохи ; [под ред. Ланшина А.И., Эрохи Ю. А.] ; Гос. науч. центр РФ Центр. ин-т авиац. моторостроения им. П. И. Баранова. – М. : ЦИАМ, 2019. – 76 с. : ил.
2. Исследование термодинамической эффективности силовой установки многорежимного самолёта с независимо управляемым третьим контуром/ Ю.Н. Шмотин, Н.В. Кикоть, Г.В. Кретинин, И.А. Лещенко, К.С. Федечкин// Насосы. Турбины. Системы. – 2016. – №2(19). – С. 40-48.
3. Некоторые аэродинамические особенности компрессора низкого давления трёхконтурного двигателя / Р.В. Храмин, М.Н. Буров, К.С. Федечкин, Н.В. Кикоть, И.А. Лещенко, Г.В. Кретинин, О.В. Лебедев // Вестник РГАТА имени П.А. Соловьёва. – 2017. - №4(43). – С.27-34.

К вопросу оценки энергетических характеристик центробежного колеса турбонасосного агрегата жидкостного ракетного двигателя на режимах, отличных от номинального

Марченко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Федосеев С.Ю.
МАИ, Москва

Актуальность работы продиктована необходимостью оценки энергетических характеристик насосов жидкостных ракетных двигателей ещё на этапе проектирования их составных частей.

Определение величин потенциально возможных (гидравлические потери, потери, связанные с утечками, и т.д.) осуществлено в два этапа.

Первая часть предполагает использование полуэмпирических моделей для определения примерных величин перепадов давлений и соответствующих им частот вращения ротора, а также оценочных значений потребных мощностей для каждого из режимов. При этом оценена возможность использования предлагаемого подхода не только для кинематически подобных режимов, но и для режимов значительно от них отличающихся (по оборотам и по расходу). Вторая часть является результатом численного моделирования трехмерного нестационарного течения несжимаемой жидкости в элементах проточной части (подводящего патрубка, рабочего колеса, кольцевого канала). Отдельно выполнено численное моделирование в лабиринтных уплотнениях по переднему и заднему буртам. Исследования проводились для модельного центробежного колеса с развитой осевой частью, разработанного на основании обобщенных данных, соответствующих насосу горючего ракетного двигателя. Моделирование кавитационных процессов не проводилось.

По результатам проведенных исследований определены значения мощностей и КПД, соответствующие различным режимам работы двигателя, которые могут быть использованы при описании энергетической увязки и оптимизации проектных решений. Предлагаемая

методика может быть распространена на все виды центробежных колес после прохождения процедуры валидации, что позволяет повысить точность расчетов и эффективность проектирования насосных систем.

Список используемых источников:

1. А.В. Иванов «Расчет и профилирование шнекоцентробежного насоса турбонасосного агрегата ЖРД» – Учебное пособие. – ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010 г.

2. Б.В. Овсянников, В.С. Селифонов, В.В. Черваков «Расчет и проектирование шнекоцентробежного насоса»: Учебное пособие. – Москва. Издательство МАИ, 1996 г. – 72 с.: ил.

3. С.С. Панаиотти «Основы расчета и автоматизированное проектирование лопастных насосов с высокой всасывающей способностью»: Учебное пособие. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000 г. – 48 с., ил.

4. К. Бадеке, А. Градевальд, К.-Х. Хундт, Г. Кёльнер, Ф. Людвиг, Э. Мёзген, О. Петерсон, В. Плетнев, В. Шварц, Е. Шмидт, Г. Штрёй, М. Варлицц, Г. Цие «Насосы»: Справочное пособие. – Москва. Перевод с немецкого В.В. Малюшенко, М.К. Бобка «Машиностроение», 1979 г.

Численное и экспериментальное исследование воздухозаборника в аэродинамической трубе

Марченко Д.В., Гарифуллина Д.Б., Амиров А.А.

Научный руководитель — Рожкова М.В.

МАИ, Москва

Предмет исследования представляет собой специализированную аэродинамическую установку непрерывного действия СТ-1, функционирующую посредством нагнетания воздушного потока из компрессорной станции. Конструктивные особенности стенда характеризуются следующими геометрическими параметрами: входной диаметр составляет $D_{вх}=300$ мм, диаметр рабочей зоны $D_{рз}=205$ мм. Данный стенд может быть использован для экспериментальных продувок моделей сопел, воздухозаборников (ВЗ) при высокоскоростных режимах полета и др.

В работе продемонстрировано соответствие параметров установки СТ-1, определенных экспериментально и при использовании численных методов, техническим данным. Подготовка численной модели установки СТ-1 выполнено в программном комплексе Ansys Fluent. Построение структурированной условно гексаэдральной расчетной сетки выполнено в сеточном генераторе ICEM CFD. Анализ сеточной независимости решения от количества элементов выполнен для трех расчетных сеток размерностью 9,291,200 млн ячеек. Для замыкания и решения системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса использовалась низкорейнольдсовая модель сдвиговых напряжений Ментера k-omega SST. Граничные условия эксперимента включали полное давление 10 атм и полная температура 288,15 К на входе, на выходе – статическое давление 1,2 атм, соответствующие условиям проведения эксперимента.

Дополнительно проведено моделирование продувки модельного воздухозаборника в аэродинамической трубе (экспериментальная установка СТ-1). Результаты численного анализа позволили исследовать течение вдоль проточной части ВЗ и определить среднеинтегральные значения параметров скорости, полного и статического давления в его ключевых сечениях.

Список используемых источников:

1. Аркадов Ю. К., Кривоусков В. П., Носков Г. П.; ФГУП «ЦАГИ». Устройство для исследования воздухозаборников в аэродинамических трубах. Патент № 77684 U1 РФ МПК G01M 9/00; Заявл. 28.05.2008; Оpubл. 27.10.2008.

2. Булат П. В. О классификации режимов течения в канале с внезапным расширением / П. В. Булат, О. Н. Засухин, В. Н. Усков // Теплофизика и аэромеханика. – 2012 – №2 – С. 209-222. – URL.: <http://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=120122>.

3. Рахманин Д.А., Карпов Е.В., Рахманина В.Е. Исследование физических особенностей течения в плоском сверхзвуковом воздухозаборном устройстве // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 2. С. 35–45. DOI: 10.34759/vst-2023-2-35-45.

4. P. D. Bravo - Mosquera, H. D. Ceron - Munoz and F. Catalano. Analytical And Numerical Design Of A Mixed-Compression Air Intake For A Supersonic Fighter Aircraft // 1 Simposio do Programa de Pos-Graduacao em Engenharia Mecanica. 2016.

Особенности математического моделирования степени испарения топлива Матвеев Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Тесля Д.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

При разработке или модернизации летательного аппарата одной из основных задач является повышение эффективности и надёжности двигателей. Важнейшим элементом авиационной силовой установки, наряду с другими, является форсажная камера сгорания. Исследования, направленные на повышение качества рабочего процесса, неотъемлемое направление в развитии авиационной индустрии. Достижение новых результатов позволяет снизить расход топлива, повысить тягу, увеличить дальность и продолжительность полёта, а также сократить загрязнение окружающей среды. При рассмотрении процесса горения форсажной камеры сгорания столкнулись с проблемой испаряемости топлива, что приводит к ограничениям работы двигателя на форсированных режимах и завышенному расходу. Для решения задачи по повышению качества рабочего процесса и снижение расхода топлива предлагается регулирование степени испарения топлива посредством влияния на константу испарения. Проведён анализ и представленные результаты расчётов на степень испарения топлива. Предложен возможный вариант реализации изменения величины константа испарения топлива. Для того чтобы повысить качество испарения топлива, необходимо развивать и внедрять новые технологии и системы. Одним из возможных путей улучшения этого процесса может быть улучшение дизайна форсажной камеры, внедрение специальных покрытий или добавок в топливо, а также использование передовых систем контроля и регулирования. Таким образом, необходимость повышения качества испарения топлива в форсажной камере сгорания является актуальной задачей, требующей серьёзных исследований и разработок. Реализация новых технологий и систем в этой области позволит достичь оптимальной работы двигателей и улучшить экологическую ситуацию в авиации.

Список используемых источников:

1. Кудрявцев А.В., Медведев В.В. Форсажные камеры и камеры сгорания ПВРД. Инженерные методики расчёта характеристик. М.: Центральный институт авиационного моторостроения, 2013. 113 с.

2. Пахольченко А.А., Черкасов А.Н., Алексеев А.А., Корень Г.П., Москаев В.А. Теория авиационных двигателей: функциональные элементы серийных силовых установок: учебное пособие. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. 231 с.

3. Нечаев Ю.Н., Фёдоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей. Ч. 1. М.: Военно-воздушная инженерная академия имени Н.Е. Жуковского, 2006. 365 с.

4. Мингазов Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей: конструкция, моделирование процессов и расчёт: учебное пособие. Казань: Казанский государственный технический университет, 2004. 219 с.

Проектирование входного устройства для испытательного стенда газогенератора газотурбинного двигателя

Мельников С.А., Ильин И.М., Нгуен Т.Б.

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

Самарский университет, Самара

В процессе разработки и производства авиационных двигателей проводится множество испытаний различной сложности. Начиная с научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ и заканчивая летными испытаниями. На проведение испытаний газотурбинных двигателей (ГТД) затрачивается значительное количество времени, материальных, финансовых и человеческих ресурсов [1]. Под каждый двигатель зачастую проектируется свой испытательный стенд. Ключевыми элементами испытательных стендов являются входные устройства, обеспечивающие подачу воздуха к испытываемому ГТД. Выбор конструкции входного устройства оказывает существенное влияние на точность воспроизведения характеристик двигателя в реальных условиях эксплуатации [2]. Сложность конструкции таких агрегатов обусловлена необходимостью учета многих факторов: аэродинамических характеристик, температурных режимов, а также требований надежности и безопасности. Правильно спроектированный входной узел позволяет снизить риск ухудшения характеристик двигателя при испытаниях, тем самым сохраняя стабильность работы, заложенную на этапе проектирования [3]. В связи с описанными проблемами работа по разработке и оптимизации испытательных стендов, в том числе устройств входа, является актуальной задачей.

Для определения расхода воздуха через двигатель на этапе испытаний используются два наиболее распространенных способа измерения параметров воздуха: на входе в испытательный стенд и на выходе из сопла двигателя. При испытаниях газогенератора двигателя на выходе из турбины поток закручивается в окружном направлении, поэтому измерения в выходном устройстве стенда будут некорректными. Было решено сконструировать входное устройство с измерительной секцией. Передняя часть входного устройства образована лемнискатой Бернулли [1]. Параметры воздуха на входе в устройство принимаются равными атмосферным [4]. Было спроектировано два входных устройства с лемнискатным и мерным участками, также спроектированы переходные каналы ко входу в компрессор. Для сравнения, одно устройство было спроектировано при $\lambda_{in} = 0,35$, а другое при $\lambda_{in} = 0,6$ с рассчитанными диаметрами участка, на котором выполняются измерения на режиме 100% от проектной частоты вращения компрессора и газогенератора соответственно. При использовании входного участка с $\lambda_{in} = 0,35$, измерения будут корректными в диапазоне 65–100% от проектной частоты вращения компрессора, так как приведенная скорость воздуха будет удовлетворять требованиям измерительного средства. При использовании входного участка с $\lambda_{in} = 0,6$, замеры будут корректными в диапазоне 86–100% от проектной частоты вращения компрессора. Для детального анализа характеристик входного устройства и его влияния на рабочий процесс компрессора были выполнены трехмерные расчёты.

Получены результаты численного моделирования входного устройства совместно со стойкой опоры и входным направляющим аппаратом компрессора газогенератора. На наиболее турбулентном режиме по результатам расчётов контролировался параметр Y^+ для обеспечения сеточной сходимости. Сеточная модель была создана в программном обеспечении Numeca AutoGrid5, настройки численной модели выполнены в программном комплексе Ansys CFX.

Проанализированы распространенные входные устройства испытательных стендов в условиях испытаний газогенератора двигателя, спроектировано входное устройство для стенда с учетом его совместной работы с компрессором. Спроектирован альтернативный облик входного устройства с мерным участком для испытаний газогенератора двигателя, для которого коэффициент потерь полного давления не превышают 0,002, также рассмотрено влияние стойки компрессора на выбор места расположения измерительных средств во входном устройстве стенда.

Список используемых источников:

1. Испытания авиационных двигателей : учебник для вузов / Григорьев В. А., Кузнецов С. П., Гишваров А. С. [и др.] ; общ. ред. Григорьев В. А., Гишваров А. С. – 2-е изд., доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2016. – 541 с. : ил.
2. Болховитин Михаил Сергеевич, Боровиков Дмитрий Александрович, Ионов Алексей Владимирович, & Селиверстов Сергей Дмитриевич (2016). Разработка испытательного стенда для малоразмерных газотурбинных двигателей. Труды МАИ, (91), 10.

3. Е. В. Шендалева (2017). Сравнительные испытания стендового оборудования для испытания газотурбинных двигателей. Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение», 1 (1), 67-74.

4. Baturin O.V., Popov G.M., Goryachkin E.S. etc. Optimization of the working process of the axial compressor according to the criterion of efficiency // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 803. Issue 1.

Исследование характеристик форсунки с обратным контуром в зависимости от количества топлива, отбираемого в обратный контур

Михайлов М.А., Якушкин Д.В., Сухоруков В.Д.

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

Самарский университет, Самара

На сегодняшний день активно развивается отрасль малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД). Зачастую к ним устанавливают требования аналогичные полноразмерным ГТД. Одно из некоторых требований — это запуск на больших высотах и скоростях, в которых МГТД способен запускаться и эффективно работать. Запуск двигателя определяется в том числе камерой сгорания (КС). В современных МГТД для подачи топлива в КС широко применяются центробежные форсунки. Их задача обеспечить эффективное смешение топлива с воздухом. Для этого необходимо образование большого угла распыла топлива и капель малого диаметра, что позволит обеспечить равномерное распределения топлива в зоне горения и повышение площади контакта жидкого топлива с воздухом. В центробежных форсунках увеличение угла распыла топлива и снижение диаметра капель достигается закруткой топлива. Отвод топлива из форсунки через обратный контур позволяет управлять характеристиками форсунки на различных режимах работы двигателя.

Целью работы является исследование характеристик форсунки с обратным контуром в зависимости от количества топлива, отбираемого в обратный контур. Рассматривалась центробежная форсунка с диаметром сопла 0,45 мм, двигателя с тягой 150 кгс. Исследование проводилось с помощью CFD моделирования. Использовалась модель многофазного течения VoF (модель объёма жидкости) для определения параметров внутри форсунки и топливной плёнки на выходе. Расчёты проводились на режимах распыла, соответствующих режимам работы двигателя от запуска до максимального. Рассмотрено соотношение расхода топлива в обратный контур ($G_{т.обр}$) к суммарному расходу ($G_{т\Sigma}$), $G_{т.обр} / G_{т\Sigma} = G_{т.отн}$ в пределах от 0 до 90%.

В ходе работы были получены следующие выводы:

- Отбор топлива в обратный контур снижает перепад давления между входом в форсунку и камерой сгорания при сохранении $G_{т\Sigma}$.

- Увеличение $G_{т.обр}$, при сохранении количества топлива подаваемого в КС ($G_{т.кс}$), позволяет повысить угол распыла топлива. Увеличение $G_{т.обр}$ также приводит к уменьшению толщины топливной плёнки, что позволяет уменьшить средний диаметр капли (D32) от 100 до 30 мкм, при $G_{т.кс}$ от 10% до 100% от $G_{т\Sigma}$ на режиме малого газа.

- При $G_{т.обр} < 50\%$ закрутка топлива становится недостаточной, в следствие чего воздушный вихрь в сопле форсунки не образуется, а распределение топлива становится менее равномерным.

Распыл с перепадом давления на КС (ΔP) ниже 40 кПа не целесообразен. Несмотря на большое количество перепускаемого топлива и низкой, по сравнению с окружной, осевой скоростью в сопле форсунки, на таком низком расходе топлива образование полого конуса с малой толщиной топливной пленки не происходит. Даже при большом количестве перепускаемого топлива и низкой, по сравнению с окружной, осевой скоростью в сопле форсунки. На данном режиме распыла, вне зависимости от количества перепускаемого топлива, выходная струя обладает низкой кинетической энергией в следствии чего качественного образования топливной пленки не происходит.

О влиянии растворов полимеров на рост гидравлического сопротивления в фильтре двигательной установки

Мусихина А.А.

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

МАИ, Москва

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью более детального изучения свойств полимерных растворов на рост гидравлического сопротивления в узлах и агрегатах двигательной установки. Полимерные добавки снижают гидравлическое сопротивление в отдельных узлах и агрегатах двигателя [1]. Добавление полимерной добавки в топливо приводит к заметному снижению потерь в магистралях двигателей, возрастанию напора насосов. Исключением являются фильтры. Гидравлическое сопротивление фильтров при добавлении полимерных добавок значительно возрастает. Существует несколько разных точек зрения [2, 3] объясняющих резкий рост гидравлического сопротивления в фильтрующих элементах. Первая точка зрения [2] основана на предположении, что молекулы полимера разворачиваются при течении с растяжением. Вторая точка зрения [3] предполагает осаждение частиц полимера на волокнах фильтрующих элементов, с последующим одновременным взаимодействием полимера со стенкой и растворителем.

Компромиссная гипотеза, объясняющая рост гидравлического сопротивления, сформулирована на основании моделирования обтекания волокон фильтрующих элементов раствором полимеров.

Моделирование выполнялось исходя из предположения, что макромолекулы полимера достаточно крупные и в растворе ведут себя подобно частицам. Кроме того, при расчете учтены изменение свойств топлива, такие как вязкость, плотность и т.д. Рассмотрены условия, при которых молекулы полимера разворачивается из глобулы. Этот механизм учитывает влияние макромолекул полимера на структуру потока и их взаимодействие с фильтрующими элементами, что открывает новые возможности для оптимизации способов подачи полимерного раствора с учетом параметров фильтрующих элементов.

Список используемых источников:

1. А.Ю. Гроссберг, А.Р. Хохлов, “Физика в мире полимеров”, библиотека “Квант”, Москва, Наука, 1989.

2. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2007.

3. Гапонов В.Д., О прогнозировании повышения экономичности насосов подачи горючего кислородно-керосиновых жрд при работе с добавкой высокомолекулярного полиизобутилена в горючем // труды НПО ЭНЕРГОМАШ имени академика В.П. Глушко. - 2018. – №35. – С. 68-81.

4. Лойцянский Л. Г, Механика жидкости и газа: Учеб, для вузов. — 7-е изд., испр. — М.: Дрофа, 2003. — 899 с.

Исследование влияния конденсированных частиц алюминия на газодинамические потери в ракетном двигателе твердого топлива

Нигматуллин Б.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сабирзянов А.Н.

КНИТУ-КАИ, Казань

Для повышения энергетических характеристик твердого ракетного топлива в них добавляют металлические добавки с большой теплотой сгорания в виде дисперсного порошка [1]. Подобные добавки взаимодействуют с газовой фазой и под газодинамическим напором истекают из камеры сгорания в сопло, в котором охлаждаются и при определенных условиях кристаллизуются.

Одним из отрицательных качеств введения в топлива металлических добавок является влияние частиц на газодинамические потери двигателя. Для исследования данной проблемы в настоящей работе проводился численный расчет численной модели ракетного двигателя на твердом топливе (РДТТ) в осесимметричной и трехмерной постановках с использованием

моделей турбулентности типа $k-\epsilon$ (RNG) и $k-\omega$ (SST). В моделируемом тракте двигателя с поверхности канального заряда вдувалось рабочее тело с частицами размером 2, 10 и 50 мкм, массовая доля которых составляла 4,625 %.

Установлено, что в канале заряда частицы имеют тенденцию скапливаться в ядре потока, тем самым искажая привычный для однородных течений косинусоидальный профиль скорости своеобразной «лунки». Размеры «лунки», т.е. потери скорости на оси канала зависят от размеров и массы частиц, а также от массы всего облака частиц, который увеличивается по мере приближения к выходу из канала. Выявлено различие профилей скорости в осесимметричной и трехмерной постановках, что проявляется в величине потерь.

В горловине сопла наличие частиц также приводит к уменьшению осевой скорости, при этом наибольшие потери характерны для частиц размером 10 мкм, а наименьшие – для 50 мкм. Выявлено, что тормозящий эффект от наличия частиц в горловине сопла приводит к существенному смещению поверхности критического перепада в зависимости от размера частиц.

В результате расчетов было установлено следующее: 1) при увеличении размеров вдуваемых частиц увеличивается свободная зона от частиц, размеры которой определяются расстоянием от стенки сопла до границы разделения между однородной и гетерогенной средой и обусловлены увеличением сил инерции; 2) потери скорости при увеличении размера вдуваемых частиц изменяется нелинейно и зависят от распределения частиц по объему сопла (концентрации); 3) размещение линии критического перепада зависит от размера и концентрации частиц.

Полученные результаты хорошо согласуются с опубликованными данными [2, 3].

Список используемых источников:

1. Твердые топлива реактивных двигателей/ В.Н. Аликин, А.В. Вахрушев, В.Б. Голубчиков, А.С. Ермилов, А.М. Липанов, С.Ю. Серебrenников; Под ред. академика А.М. Липанова. – М.: Машиностроение, 2011. 380 с.
2. Maochang, Duan & Xijun, Yu & Chen, Dawei & Fang, Qing & Shijun, Zou. (2019). Numerical Simulation of Gas-Particle Two-Phase Flow in a Nozzle with DG Method. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2019. 1-12. 10.1155/2019/7060481.
3. Ziyang Li, Ningfei Wang, Baolu Shi, Shipeng Li, Rongjie Yang. Effects of particle size on two-phase flow loss in aluminized solid rocket motors. *Acta Astronautica* 159 (2019) 33-40.

Вариант перспективной силовой установки для беспилотных летательных аппаратов самолетного типа

Огородников А.Э.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Балунов М.С.

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Ярославль

Опыт реализации специальной военной операции демонстрирует, что применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стало важной частью ведения боевых действий. Кроме того, в мирное время их использование может осуществляться в таких сферах, как сельское хозяйство и промышленность.

Наиболее значимой категорией являются БПЛА самолетного типа, которые благодаря своей высокой грузоподъемности и дальности полета, обычно оборудуются традиционными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) с кривошипно-шатунным механизмом. Однако данный механизм имеет несколько известных недостатков. Один из основных недостатков заключается в том, что возникает боковая сила, прижимающая поршень к стенке цилиндра, что приводит к увеличенному износу трущихся элементов, повышению температуры и сокращению ресурса устройства. Другой недостаток заключается в неравномерности движения поршня как в верхней, так и в нижней части цилиндра. При анализе уравнения движения поршня можно сделать вывод, что его движение не является равномерным: в первой четверти оборота вала поршень проходит более половины пути. Это обусловлено тем, что перемещение поршня складывается из двух составляющих. Первая определяется движением шатуна вдоль оси цилиндра (переносное движение), а вторая — отклонением шатуна от этой оси

(относительное вращательное движение). В первом случае, когда происходит первая четверть оборота кривошипа, оба движения направлены в одном направлении, что приводит к складыванию перемещений. Во второй половине же они реализуются в противоположных направлениях, то есть вычитаются, что вызывает несбалансированные ускорения, степень которых увеличивается с уменьшением длины шатуна.

В данной работе рассматривается возможность применения новых конструкторских решений, направленных на улучшение характеристик беспилотных летательных аппаратов, с акцентом на борьбу с перечисленными недостатками. В частности, рассматриваются альтернативные конструкции, позволяющие добиться большей равномерности движения поршня и снижения износа компонентов двигателя. Одним из предложенных подходов является использование бесшатунного механизма, позволяющего уменьшить механические потери, связанные с действием кривошипно-шатунного механизма.

Кроме того, стоит отметить, что усовершенствование аэродинамических форм и материалов, из которых изготавливаются БПЛА, может сыграть ключевую роль в увеличении их эффективности. Использование композитных материалов для создания легких и прочных корпусов позволит снизить общий вес аппарата, что, в свою очередь, увеличит его маневренность и продолжительность полетов.

При разработке новых БПЛА также следует учитывать возможность применения систем искусственного интеллекта для автоматизации управления и повышения точности выполнения задач. Современные алгоритмы могут быть использованы для оптимизации маршрутов полетов, мониторинга состояния оборудования и анализа данных в реальном времени, что сделает использование беспилотников более безопасным и эффективным.

В заключение, интеграция современных технологий с традиционными принципами аэродинамики и механики открывает новые горизонты для дальнейшего развития беспилотных летательных аппаратов. Эти улучшения не только повысят их боеспособность в условиях современного конфликта, но также делают их ценными инструментами в гражданских сферах, таких как сельское хозяйство и экология, что позволит значительно расширить их область применения в будущем.

Список используемых источников:

1. Колчин А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пособие для вузов./А. И. Колчин, В. П. Демидов – 3-е изд. Перераб и доп. – М.:Высш.шк., 2002 – 496 с.
2. Луканин В. Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория и др. 23 рабочих процессов: Учебник для вузов/ В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян и др.; Под ред. В. Н. Луканина. - 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 479 с.

Формирование подхода к исследованию влияния вторичных течений на аэродинамические характеристики сопловых аппаратов современных ТВД

Покидько А.М.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Развитие ГТД по параметрам рабочего процесса сопровождается, среди прочего, ростом температуры газа перед турбиной, что негативно влияет на КПД высоконагруженной ТВД ввиду усложнения системы охлаждения и увеличения расхода охлаждающего воздуха. Кроме того, снижаются размеры проточной части лопаточных машин, что может привести к смыканию вторичных течений, особенно в первом сопловом аппарате, который имеет минимальную высоту лопатки. Этот факт необходимо учитывать на ранних этапах проектирования, чтобы минимизировать вероятность перепрофилирования турбины, сократить сроки испытаний и конструирования двигателя в целом. Также стоит учитывать неравномерность полного давления перед первым сопловым аппаратом, которую создает камера сгорания.

В работе [1] было установлено, что наличие входной неравномерности по полному давлению изменяет аэродинамические характеристики плоской сопловой решетки, а именно:

- происходит подъем канальных вихрей над торцевыми стенками;
- увеличивается высота проточной части, при которой начинает реализовываться эффект смыкания вторичных течений;
- увеличиваются области недокурутки и перекрутки потока от канального вихря;
- положение максимума на эпюре полного давления слабо влияет на распределение потерь и выходного угла решеток.

Существует несколько методик расчета оптимальной высоты лопатки соплового аппарата. Например, методика М.Е. Дейча [2] или Е.Н. Богомолова [3]. Но они не учитывают наличие входной неравномерности по полному давлению и дают большую погрешность при расчете высоты лопатки для современных высокоперепадных ТВД. Для уточнения высоты смыкания канальных вихрей получена формула на основании данных экспериментальных продувок и исследований с использованием численных методов кольцевых и плоских решеток сопловых аппаратов различного типа. Для возможности учета неравномерности полного давления на входе в формулу был введен коэффициент, учитывающий размер зоны постоянного значения давления по высоте решеток.

Для анализа влияния характера эпюры входной неравномерности потока на характеристики решетки в условиях смыкания вторичных течений было проведено исследование двух плоских решеток с различными типами профилей. Высота профилей рассматриваемых решеток варьировалась от 30 до 70 мм. Для исключения влияния боковых стенок на течение в рассматриваемых межлопаточных каналах каждая решетка состояла из 5-7 лопаток. Форма эпюры полного давления на входе в первый сопловой аппарат зависит от типа камеры сгорания, схемы двигателя и его режима работы. В данной работе были рассмотрены 3 варианта симметричных эпюр с различным размером участка постоянного значения полного давления, которые приближены к распределениям в выполненном двигателе на расчетном режиме.

Численное моделирование задачи выполнено в универсальном вычислительном комплексе газовой динамики ANSYS CFX 20 R2. Для всестороннего изучения протекающих процессов были выполнены расчеты в стационарной (RANS) и нестационарной (LES) постановках. LES метод позволяет более детально описать структуры вихревых течений и особенности их взаимодействия. Генерация сеточной поделки производилась в программном комплексе Numeca AutoGrid 5.

Для верификации результатов численного моделирования проводилась экспериментальная продувка на низконапорном аэродинамическом стенде в условиях равномерного потока по входу.

Согласно результатам проведенных исследований, характер распределения вторичных течений зависит от типа профиля (в том числе от диаметра входной кромки) и характера эпюры полного давления на входе. Наличие даже минимального градиента по полному давлению на входе изменяет вид аэродинамических характеристик решетки (коэффициента потерь, выходного угла). Неучет данного фактора может привести к необходимости доводки всей турбины или раскрытию горла соплового аппарата на уже выполненном двигателе, что нежелательно для высокоперепадных ТВД.

Список используемых источников:

1. Покидько А.М., Давыдов А.А. Исследование влияния входной неравномерности потока на аэродинамические характеристики плоской сопловой решётки. // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференций L Гагаринские чтения 2024. — М.: Издательство «Перо», 2024. С. 83.
2. Дейч М.Е., Зарянкин Г.А., Филиппов М.Ф., Зацепин А.Е. Методы повышения КПД ступеней турбины с малыми высотами лопаток // Теплоэнергетика. 1960. №2. С. 18–24.
3. Богомолов Е.Н. О смыкании зон вторичных течений в турбинных решетках и его влиянии на концевые потери // Известия вузов. Авиационная техника. 1991. № 3. С. 25–31.

Метод учета изменения геометрии энергетически конденсированной системы в процессе ее термического разложения

Романов А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Савельев С.К.
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Во многих прикладных задачах ключевой проблемой является учет изменения геометрии объекта в процессе его термического разложения. В частности, в качестве исследуемого объекта может выступать энергетически конденсированная система (ЭКС). Для решения указанной проблемы в данной работе предлагается численный метод – метод тела разложившегося свода. Под телом разложившегося свода (ТРС) понимается замкнутая область пространства, которую могла бы достичь поверхность термического разложения при всестороннем ее распространении от некоторого исходного положения. Сущность предлагаемого метода заключается в следующем. Для каждого указанного значения ТРС на основе скалярного поля значений (сформированных на расчетной сетке, привязанной к исследуемому объекту) расстояний выхода поверхности термического разложения создается трехмерная модель тела разложившегося свода, которая затем булево вычитается из исходной геометрии ЭКС, в результате чего получается трехмерная модель текущего состояния ЭКС для рассматриваемого значения ТРС.

Расчетная сетка представляет собой регулярное поле точек, заключенных в параллелепипед, который охватывает исходную геометрию ЭКС. Вычисление расстояний выхода поверхности термического разложения в расчетные точки осуществляется согласно геометрическому методу минимальных расстояний: получаемые значения расстояний выхода соответствуют параллельному перемещению фронта термического разложения от элементов, формирующих исходную геометрию [1-3]. Эта исходная геометрия аппроксимируется совокупностью триангуляций термически разлагающихся и не разлагающихся поверхностей с общими границами, в результате чего расстояние выхода в каждую расчетную точку будет вычисляться относительно термически разлагающихся треугольников вне зависимости от исходной формы ЭКС.

Для оценки точности метода в рамках работы произведен сравнительный анализ результатов для тел с известными аналитическими закономерностями термического разложения.

В качестве примера работы метода в части решения реальных задач был произведен расчет ЭКС, разлагающейся по внутренней поверхности, состоящей из совокупности щелей, вырезов и выступов различной геометрии: были получены этапы термического разложения данной ЭКС и зависимость площади поверхности термической термического разложения от ТРС.

Основным конкурентным преимуществом рассматриваемого метода является его универсальность, позволяющая анализировать процесс термического разложения исследуемого объекта произвольной геометрии.

Список используемых источников:

1. 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.
2. Ракетные двигатели на твердом топливе, Веницкий А.М. М., «Машиностроение», 1973. – 347 с.
3. Michael A. Willcox, M. Quinn Brewster, K.C. Tang, D. Scott Stewart. Solid Propellant Grain Design and Burnback Simulation using a Minimum Distance Function, AIAA 2005-4350, 41st AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit. 10-13 July 2005, Tucson, Arizona. – 19 p.

Комбинированная силовая установка скоростного вертолѐта

Серьезнов А.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Агульник А.Б.

МАИ, Москва

Скоростной вертолѐт – высокотехнологичный манѐвренный летательный аппарат (ЛА), способный выполнять различные задачи:

- доставка людей и грузов;
- поисково-спасательные работы;
- разведывательные задачи;
- оказание боевой огневой поддержки

и другие.

Такой ЛА должен соответствовать различным требованиям, таким как:

Наименьшее аэродинамическое сопротивление:

Для достижения высоких скоростей фюзеляж и аэродинамические поверхности вертолѐта должен иметь обтекаемую форму, минимизирующую сопротивление воздуха.

Наилучшая маневренность: Вертолѐт должен быть способен к быстрым изменениям направления и высоты горизонтального полѐта, а также, задействуя автомат перекоса несущего винта соосной схемы осуществлять набор высоты, снижение, полѐт во всех направлениях в одной плоскости.

Стабильность полѐта на высоких скоростях: Необходима высокая устойчивость для поддержания контроля над машиной при больших горизонтальных скоростях.

Вертолѐт должен быть маневренным, способным к быстрым изменениям направления и высоты горизонтального полѐта, осуществлять набор высоты, снижение, полѐт во всех направлениях в одной плоскости.

Необходима высокая устойчивость и стабильность для поддержания контроля над машиной при больших горизонтальных скоростях.

Для осуществления подобных требований необходима многосоставная силовая установка с широким диапазоном регулирования, обладающая следующими характеристиками:

1. Силовая установка (СУ) способна обеспечивать достаточную пропульсивную тягу для достижения и поддержания высоких скоростей полѐта, превосходящую предельную для вертолѐтов классической соосной схемы.

2. СУ должна обладать достаточной боевой живучестью, наилучшим весовым совершенством, удельными характеристиками топливной экономичности.

Работа посвящена созданию и оптимизации математической модели комбинированной силовой установки с безредукторной газодинамической трансмиссией исходя из гипотезы, что, в рамках данной концепции скоростного вертолѐта, она сможет обеспечить наилучшие лѐтные, топливные и массогабаритные характеристики.

СУ состоит из следующих основных частей:

– двух двухконтурных двухвальных турбореактивных двигателя с отдельными регулируемыми соплами;

– специальных каналов подвода воздуха части из-за компрессора среднего давления;

– отдельной дополнительной камеры сгорания;

– силовой турбины, предназначенной для привода несущего винта.

Обоснованием выбора такой конструкции служат следующие два основных режима полѐта летательного аппарата.

«ВЕРТИКАЛЬНЫЙ» РЕЖИМ

На данном режиме создание подъѐмной силы осуществляется преимущественно за счёт тяги несущего винта. В этом режиме для обеспечения требуемого давления и расхода воздуха на привод несущего винта достигается максимальная раскрутки ротор низкого давления (на котором находятся вентилятор и компрессор среднего давления), при минимальной раскрутке ротора газогенератора.

Обеспечить подобный режим работы двигателя может реактивное «дозвуковое» сопло изменяющегося критического сечения. При максимальной площади раскрытия такое сопло

обеспечит максимальное значение перепада давления на турбине низкого давления, а также снижение тяги создаваемой первым контуром двигателя, которая на режиме вертикального взлёта, снижения и висения является «паразитной». При этом второй контур предназначен для увеличения топливной экономичности ТРДД при горизонтальном полёте.

«ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ» РЕЖИМ

В режиме горизонтального полёта полностью прекращается отбор воздуха на нужды обособленной камеры сгорания и силовой турбины несущего винта. Создание горизонтальной пропульсивной тяги осуществляется за счёт повышения подачи топлива в основную камеру сгорания в составе газогенератора, а также минимальной площади реактивного сопла первого контура.

Для подтверждения перспективности реализации такой концепции составлена и оптимизирована математическая модель комбинированной силовой установки на основе двух ТРДД, дополнительной камеры сгорания и силовой турбины.

В результате проведенных исследований выявлены следующие достоинства:

- улучшенные показатели дальности и скорости полёта по сравнению с вертолётами классической схемы;

- увеличенная высотность полёта по сравнению с вертолётами классической схемы;

- меньшая предварительная (с рядом допущений) масса СУ.

Также были отмечены следующие недостатки:

- сложность в реализации конструкции и законов регулирования силовой установки.

Представленный подход к созданию и оптимизации математической модели комбинированной силовой установки с газодинамическим приводом несущего винта для скоростного вертолёта показал свою перспективность и необходимость дальнейшей проработки данной темы.

Список используемых источников:

1. Силовые установки нетрадиционных схема для перспективных магистральных самолётов нового поколения, С.М. Каленский, Т. А. Морзеева, Ю. А. Эрохи; под ред. Эрохи Ю.А.: ЦИАМ 2019.

2. Методические указания к выполнению курсовых работ по курсу «Теория и расчет авиационных двигателей и энергетических установок». Авторы-составители: А.Б. Агульник, И.В. Кравченко – М.: Изд-во МАИ, 2012.

3. РТМ 1677-83 Двигатели авиационные газотурбинные. Метод и подпрограммы расчёта термодинамических параметров воздуха и продуктов сгорания углеводородных топлив. ЦИАМ 1983.

4. Научно-информационное совещание ЦИАМ от 25.03.2024, доклад о программе FARA.

К вопросу определения режима течения в межлопаточных каналах соплового аппарата, совмещенного со стоечным узлом

Соколов И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ремизов А.Е.

РГАТУ им. П.А. Соловьева, Рыбинск

Большое количество современных многовальных ТРДД обладают в своей конструктивной схеме межтурбинным переходным каналом, имеющим в своём составе силовые стойки. Для снижения осевых габаритов валов ГТД и повышения их вибростойкости стремятся конструктивно совместить сопловый аппарат и силовые стойки. Полученный в результате синтеза узел называется совмещенным стоечным узлом. Поскольку существует необходимость проведения трубопроводов масляной и суфлирующей систем, а также системы охлаждения турбины через лопатки совмещенного стоечного узла, то такой узел имеет в своём составе лопатки различной конфигурации. Так лопатки, через которые проводят коммуникации, обладают увеличенной толщиной профиля и хордой, что, несомненно, приводит к различному обтеканию как самой стойки, так и соседних лопаток, что было показано в статье [1].

Для расчетов использовалась кольцевая модель, в состав которой входят 3 спрофилированные совмещенные с лопаткой стойки и 10 лопаток соплового аппарата; расчётная модель полностью соответствовала геометрии физической модели, используемой на кафедре «Авиационные двигатели» РГАТУ имени П.А. Соловьева [1].

Ключевой задачей при проектировании таких стоечных узлов является снижение потерь в МПК, которые влияют на топливную эффективность двигателя, и зависят от режима течения [2], [3].

В связи с этим встаёт необходимость понимания соотношения величины потерь в межлопаточных каналах, совмещенного стоечного в зависимости от режима обтекания. Режимы обтекания профилей в расчетах определялись через M_{2th} – число Маха на выходе из межлопаточного канала и Re_{2th} – число Рейнольдса на выходе из межлопаточного канала. При определении данных величин использовались параметры потока ($P^*_{вх}$, $T^*_{вх}$ – полное давление и полная температура на входе в решетку, соответственно; $P_{вых}$ – статическое давление на выходе), характеристический геометрический параметр лопатки (l – длина хорды профиля), а также учитывались параметры рабочего тела (CS и S – константы закона Сазерленда для воздуха; R , γ – газовая постоянная и показатель адиабаты для воздуха, соответственно).

В качестве рабочего тела использовался воздух, для которого переменная теплоемкость рассчитывалась по полиномиальной зависимости от температуры. Коэффициенты теплопроводности и вязкости для воздуха рассчитывались по зависимости от температуры по формуле Сазерленда с константами $CS = 1,458 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ и $S = 110,4 \text{ К}$ [4].

Интегральный уровень потерь определялся по формуле, учитывающей полные и статическое давления ($P^*_{вх}$, $P^*_{вых}$ – полные давления на входе и выходе из решетки соответственно; $P_{вых}$ – статическое давление на выходе из решетки). Перепад на решетке варьировался изменением полного давления на входе с шагом в 5 кПа.

По результатам расчетов были построены зависимости числа Рейнольдса в межлопаточных каналах от перепада при различном выносе входной кромки силовых стоек. Наблюдается нелинейная зависимость числа Рейнольдса от перепада и нелинейная зависимость потерь от числа Рейнольдса. К тому же наблюдается нелинейная корреляция роста числа Рейнольдса от перепада при разном выносе входной кромки стойки. Например, график без выноса входной кромки лежит выше выноса на $1d$, но ниже графика с выносом на $0,75d$.

Необходимы дальнейшие расчеты для определения теплового состояния лопаток различной конфигурации в условиях разных режимов обтекания в совмещенном стоечном узле турбины.

Список используемых источников:

1. Соколов И. А., Ремизов А. Е. Влияние на газодинамическую эффективность соплового аппарата внедрение в его конструкцию элементов стоечного узла // Вестник РГАТА им. П. А. Соловьева. – 2024. – №3 (70). – С. 15-21.
2. Богомолов Е.Н., Вятков В.В., Ремизов А.Е. Газодинамика лопаточных венцов и переходных каналов турбин современных ГТД. М.: РАН, 2012. 168 с.: ил.
3. А. Е. Ремизов [и др.]. Особенности аэродинамического и теплового совершенствования сопловых аппаратов турбин перспективных газотурбинных двигателей // Изв. вузов. Авиационная техника. 2016. № 1. С. 81–85.
4. Koen Hillewaerty, Corentin Carton de Wiart, Tony Artszy Cenaero. DNS and LES of transitional flow around a high lift turbine cascade at low Reynolds number. Argo group von Karman Institute, Turbomachinery Department.

Оптимизация компрессора низкого давления вертолетного двигателя

Соколова А.С.

Научный руководитель — Волков А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Использование в работе технологий многокритериальной оптимизации в разы увеличивает эффективность поиска оптимального решения, особенно при решении сложных

технических задач трехмерного моделирования. В качестве программы-оптимизатора для данного исследования выбрана программа IOSO.

Цель работы – увеличение КПД в рабочей точке при сохранении или увеличении запасов ГДУ.

Расчетная модель представляет собой трехступенчатый осевой компрессор низкого давления (КНД), включающий в себя входную стойку на входе и промежуточный корпус (промкорпус) на выходе.

Параметрические модели профилей лопаток КНД получены по трем сечениям: втулочному, среднему и периферийному. В процессе оптимизации в каждом сечении профилей лопаток изменялись лопаточные углы на входе и выходе и угол установки. При этом меридиональная ширина профилей оставалась неизменной. Оптимизация входной стойки и промкорпуса не проводилась.

Задача оптимизации КНД решалась в двухкритериальной постановке. Необходимо было достичь увеличения КПД КНД в рабочей точке, а также увеличить степень повышения давления точки на границе устойчивой работы компрессора.

Поиск оптимальных решений проводился на оптимизационной сетке. Для выбранных вариантов геометрии из фронта Парето проводились численные расчеты на поверочной сетке.

В качестве рабочего тела использовалась модель реального газа. Модель турбулентности – k-ε (Extended wall function). На входе в КНД задавались интегральные значения граничных условий.

В ходе решения задачи оптимизации было выполнено несколько тысяч обращений к расчетной модели. Из фронта Парето был выбран вариант геометрии с максимальным КПД в рабочей точке для дальнейшей проверки.

Поверочный расчет на сетке с большим количеством элементов показал смещение напорной ветки влево по расходу на режимах записания. В связи с этим было проведено несколько расчетов с различными изменениями в обводах проточной части. Для увеличения расхода воздуха принято решение уменьшить радиус втулочного сечения на 3 мм. Итоговая геометрия со сниженным радиусом втулочного сечения дала прирост КПД в рабочей точке 1,2% при сохранении запасов ГДУ.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

- 1) технологии оптимизации позволяют в короткие сроки рассчитать огромное количество вариантов геометрии без участия «ручного» труда;
- 2) уменьшение радиуса втулочного сечения позволило увеличить расход воздуха, проходящего через компрессор;
- 3) оптимизированная геометрия увеличивает КПД КНД на всех режимах напорной ветки. Прирост по КПД в рабочей точке составил 1,2%.

Расчётная оценка влияния охлаждения притрактовых полостей на параметры узла ТВД

Шляховский Н.А., Якимов А.Е.

Научный руководитель — Волков А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Притрактовые полости представляют собой участки, расположенные рядом с проточной частью, между элементами ротора и статора, ограниченные уплотнениями через, которые охлаждающие воздуха попадают в проточную часть.

Охлаждающий воздух проходящий через полости ТВД, кроме того, что охлаждает диск турбины, так же и предотвращает затекание горячего газа в полость. Для достижения этого охлаждающий воздух имеет более высокое давление, чем рабочие тело и втекает в тракт, что в конечном итоге оказывает некоторое влияние на параметры турбины.

Цель работы – определить влияние наличия охлаждения притрактовых полостей в 3D CFD-модели на результаты расчёта параметров узла ТВД.

Исследования выполнены на 3D CFD-модели ступени осевой турбины ВД, состоящей из венца соплового аппарата (СА) и рабочего колеса (РК). Для анализа была выбрана притрактовая полость по втулке между венцами СА и РК.

Сравнению подвергались идентичные расчётные модели, которые отличались только наличием и отсутствием охлаждения в притрактовой полости.

Расчётные исследования, а также построение моделей осуществлялись в программном комплексе Numeca. В качестве рабочего тела была использована модель, представляющая собой идеальный газ. Для описания турбулентности была выбрана модель – Spalart-Allmaras.

Расчет проводится на номинальном режиме работы турбины. В качестве граничных условий задавались параметры, а именно:

- 1) Частота вращения роторной части турбины.
- 2) Энтропия полной температуры, а также значение полного давления на входе турбины.
- 3) Значение статического давления на выходе из ступени турбины.

На основе сравнения результатов выполненных расчётов, было получено следующее:

Наличие охлаждения в притрактовой полости, приводит к снижению КПД на 0,18%.

Расход на выходе из турбины увеличился на величину расхода охлаждающего воздуха.

Пропускная способность турбины осталась без изменения.

Исходя из проведённых исследований, можно сделать выводы о том, что учёт охлаждающего воздуха притрактовых полостей в 3D CFD-модели оказывает значимое влияние на результаты расчёта КПД турбины, что следует учитывать при выполнении расчётных исследований.

Список используемых источников:

1. Батурин О.В. Расчётное определение характеристик ступени турбины с помощью методов вычислительной газовой динамики: Изд-во Самар. Гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 53 с.
2. Венедиктов В.Д. газодинамика охлаждаемых турбин: М. Машиностроение, 1990. 240 с.

Инженерный метод расчёта и построения контура сопла с центральным телом, круглого сопла и обечайки

Эзугбая Г.Д.

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

МАИ, Москва

Построение контура сопла является одним из основополагающих частей для проектирования двигателя. При проектировании жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) необходимо построить такой контур сопла, в котором будут наименьшие потери и не будут возникать скачки уплотнения [1]. В работе представлен метод расчёта и построения контура сопел и обечайек, основанный на проведённом эксперименте и уравнениях, описанных в [2].

Метод, который применён в докладе, основывается на работе [2], в которой представлены результаты анализа экспериментов и теоретических разработок в закритической части сопла твёрдотопливного ракетного двигателя (РДТТ). В закритической части сопла происходит унос материала, закономерность образования которого описано соотношением:

$$\delta/\delta_{\max} = \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \cdot S/S_{\max} \right) \quad (1)$$

Примечательно то, что эксперимент и уравнения, описанные в [2], показали, что контур, полученный при уносе, соответствует течению линии тока сопла. Этот факт позволил в дальнейшем разработать метод расчёта и построения сопла на основе проделанной работы.

Максимальный радиус сопла с центральным телом R_a , осевая длина сопла L_a и угол наклона критического сечения (угол Прандтля) $\theta_{кр}$ определяются при расчёте, описанного в [3]. Радиус торца центрального тела R_t и угол непараллельности сопла задаются. Для начала по размерам R_a , L_a и R_t и углам $\theta_{кр}$ и θ_a строятся точки А и В и определяются максимальная длина образующей $S_{\max}$ и максимальная толщина образующей $\delta_{\max}$. Из точки А строится прямая АС под углом θ_k , который равен углу θ_a . Прямая АС на несколько равных участков, каждый длиной S . Толщина образующей δ определяется по соотношению (1).

Далее в зависимости от максимального радиуса сопла с центральным телом R_a , абсциссы X , ординаты $Y_{\text{кон}}$, угла θ_k и толщины образующей δ определяется абсцисса профиля сопла Y :

$$Y = R_a - [Y_{\text{кон}} + \delta / \cos(\theta_k)] \quad (2)$$

Результаты расчёта и построения контура сравнены с методом Рао [3], который также описан в [4, 5], и методом, основанном на расчёте и построении контура в плоском течении Прандтля-Майера [5].

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. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Автомодельность процесса уноса материала в закритической части сверхзвукового сопла РДТТ. Двигатель. 2022. № 1 (139) – 3 с.
3. Rao G.V.R. Exhaust nozzle contour for optimum thrust // Jet Propulsion. – 1958. – V. 28. – № 6. – P. 377-382.
4. Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: учебник / [А.П. Васильев и др.]; под редакцией Д.А. Ягодникова, А.И. Коломенцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – 774, [2] с. : ил.
5. 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.

Влияние условий эксплуатации на потребный запас по температуре газа перед турбиной и на запас газодинамической устойчивости для двигателя типа ПД-8

Яковлева В.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гаджиев Х.Р.

МГТУ ГА, Москва

Двигатель ПД-8 представляет собой турбореактивный двухконтурный двигатель со смешением потоков внутреннего и наружного контуров. Двигатель предназначен для применения в составе самолета SSJ-NEW (Sukhoi Superjet-NEW). Кроме того, предполагается использовать его в составе силовой установки самолета Бе-200 вместо двигателя РД436.

При эксплуатации по техническому состоянию по мере наработки ресурса коэффициенты полезного действия компрессора и турбины снижаются. В крейсерском полете изменение характеристик турбокомпрессорного модуля незначительно ухудшает экономичность двигателя, но это практически не влияет на безопасность полетов. Однако ограничитель максимальной температуры газов за турбиной снижает подачу топлива, что приводит к уменьшению максимальной взлетной тяги двигателя. В связи с этим, большое значение приобрела проблема сохранения безопасности полетов в экстремальных ситуациях, например, при короткой взлетной полосе, высокой температуре воздуха или отказе одного двигателя при разбеге, то есть в тех случаях, когда нехватка максимальной взлетной тяги может стать причиной авиационной катастрофы.

В данной исследовательской работе проведены исследования параметров двигателя ПД-8 при помощи математической модели и программы расчета характеристик двигателя.

На основе расчетов, полученных в ходе работы с программой, методом последовательных приближений и линейной интерполяцией определена температура газов перед турбиной $T_{г^*} = 1830$ К, которая необходимая для поддержания максимальной взлетной тяги при снижении коэффициентов полезного действия компрессора и турбины на 2%. При этом, повышение температуры газов перед турбиной на максимальном установившемся режиме приводит к подъему линии рабочих режимов на характеристике КВД и уменьшению запаса ГДУ на 0,6% при условии, что граница ГДУ не изменяется. Для того чтобы узнать, как изменится граница газодинамической устойчивости (ГДУ), в работе предлагается один из работоспособных двигателей, выработавших ресурс, установить на

стенд предприятия разработчика и определить положение границы и запасы ГДУ для окончательной оценки достаточности запаса ГДУ двигателя, выработавшего ресурс, и оценки эффективности системы ликвидации неустойчивых режимов работы двигателя.

Список используемых источников:

1. В.Н. Котовский, И.А. Лещенко, Р.М. Федоров. Теория авиационных двигателей: пособие по выполнению курсовой работы. Издательство МГТУ ГА 2013 г. – 92 с.
2. Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров, В.Н. Котовский, А.С. Полев. Теория авиационных двигателей. Часть 2. Издательство ВВИА им. Н.Е. Жуковского 2007 г. – 413 с.
3. В.Н. Котовский, Р.М. Федоров. Расчет параметров и характеристик авиационных ГТД. Издательство Академии Жуковского 2022 г. – 256 с.
4. В.Н. Котовский. Методика расчета эксплуатационных характеристик авиационных ГТД. Издательство академии Жуковского 2023г. – 236 с.

Секция №2.2 Теплофизика и тепловые процессы в элементах двигателей и энергетических установок

Метод лазерно-индуцированной флуоресценции для определения концентраций химических компонентов и температуры пламени в камере сгорания

Абдрашитов Н.В., Персиянцев К.С., Сергеев И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Виноградов А.С.

Самарский университет, Самара

Камера сгорания является одним из основных узлов газотурбинного двигателя, который отличается многообразием и сложностью рабочего процесса. Исходя из этого, для исследования химического состава вещества, а также для изучения процессов горения применяются различные методы экспериментальной диагностики. Как правило, они подразделяются на две обширные группы. К первой группе относятся контактные методы, а ко второй – бесконтактные [1].

Значительную часть бесконтактных методов составляют оптические методы. Они активно используются для решения прикладных и основополагающих задач процессов горения и гидрогазодинамики. Вследствие появления и внедрения в технику физического эксперимента лазеров, а также цифровой и компьютерной техники оптические методы стремительно прогрессируют.

Метод лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) – это один из самых часто используемых методов изучения химического состава вещества. С его помощью можно исследовать разные элементы и соединения, включая органические и неорганические вещества. Благодаря ЛИФ-оборудованию производить сбор и анализ информации о процессе горения возможно с большей точностью, потому что нет непосредственного контакта с пробоотборником, по сравнению с диагностикой контактными методами. Метод активно применяется в разных областях науки и промышленности, таких как теплофизика, материаловедение и другие.

В методе ЛИФ происходит селективное возбуждение электронных состояний молекул ввиду излучения перестраиваемого лазера. Возвращение молекул в более низкое энергетическое состояние сопровождается флуоресценцией - излучением света неодинаковой частоты [3].

Одной из сложностей ЛИФ-спектроскопии является тот факт, что используемый лазер должен позволять возбуждать в идентифицируемых атомах и молекулах определенные электронные переходы. Но из-за включения в методы спектроскопии перестраиваемых лазеров на органических красителях, эта проблема не является существенной, так как с помощью лазеров можно производить излучения в интервале длин волн от 340 до 1200 нм. Возможно достичь перестраиваемого излучения в глубокой ультрафиолетовой области спектров, увеличивая частоту генерации благодаря специальным кристаллам.

В данной работе произведен анализ экспериментальных данных, полученных с помощью ЛИФ-измерителя, а также проведено сравнение этих данных с вычисленными по известным методикам для радикала ОН. Детально рассмотрена схема экспериментальной установки.

Таким образом, метод лазерно-индуцированной флуоресценции является перспективным инструментом для изучения процессов горения в камере сгорания авиационного газотурбинного двигателя, который позволяет с высокой точностью оценивать концентрацию химических компонентов и температуру пламени.

Список используемых источников:

1. Лазерно-оптические методы диагностики процессов горения: учеб. пособие / [А.А. Диденко и др.]. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 187 с.

2. Варнатц Ю., Маас У., Дибба Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Пер. с англ. Г.Л. Агафонова; под ред. П.А. Власова. – М.: Физматлит, 2003. – 352 с.
3. Даниэльс Ф. Олберти Р. Физическая химия – М.: Мир, 1978. – 645с.

Управление смачиванием поверхности теплообмена для интенсификации кипения, испарения и конденсации

Аляутдинова М.М.

Научный руководитель — к.т.н. Иванов Н.С.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

Фундаментальной задачей интенсификации теплообмена является повышение теплоотдачи при фазовых переходах. Изменение рельефа поверхности теплообмена позволяет значительно увеличить теплоотдачу при кипении, испарении и конденсации [1]. Гидрофильные покрытия улучшают транспорт жидкости к «сухим зонам» и отвод тепла, сокращая время образования пузырьков, что приводит к росту теплоотдачи при кипении и испарении до 10 раз [1]. Проблемы конденсации сопряжены с образованием пленки конденсата на поверхности теплообмена, которая увеличивает термическое сопротивление и снижает теплоотдачу. С помощью гидрофобных покрытий можно разрушить пленку конденсата и стабилизировать режим капельной конденсации, увеличить теплоотдачу до 3 раз [2, 3]. Смачивание зависит от материала поверхности, используемой жидкости и параметров микро- или наноструктуры [4]. Однако, большинство работ посвящено изучению конкретного эффекта при формировании покрытия, тогда как параметры покрытия (геометрия, исходная шероховатость, комбинирование микро- и наноструктуры) недостаточно раскрыты в известных работах. Крайне мало данных о стабильности микро-, нано- и комбинированных структур, не изучено влияние температурных перепадов, циклических тепловых нагрузок на надежность поверхности с нанесенным покрытием. Актуальным является изучение механизмов смачивания гидрофобных и гидрофильных поверхностей, влияния исходной шероховатости и стабильности получаемых покрытий.

Возможность управления смачиванием позволяет контролировать теплоотдачу при кипении, испарении и конденсации, что делает данное направление не только интересным с научной точки зрения, но и позволяет применять разработанные методы на практике в теплообмен оборудовании.

В работе исследована возможность управления смачиванием для интенсификации теплообмена. С целью измерения краевого угла (для гидрофобных покрытий) и высоты капиллярного подъема (для гидрофильных) разработана экспериментальная установка, включающая в себя цифровые микроскопы, систему микролифтов, цифровой угомер. Отличительной особенностью данной установки является возможность определения не только параметров смачивания, но и изучения микроструктуры поверхности во время эксперимента.

Определено влияние микроструктуры и исходной шероховатости на краевой угол. Были получены покрытия на основе наночастиц углерода и углеродных нанотрубок, нанесенных на алюминий. Для получения исходной шероховатости подложка из алюминия обрабатывалась абразивной пастой (размер зерна от 10 до 50 мкм), абразивной бумагой (размер зерна от 200 до 250 мкм), тиснением формировались впадины (диаметром от 400 до 500 мкм). Получены распределения диаметров педин и шага неровностей для описанных исходных поверхностей. С помощью электронной микроскопии изучена структура получаемых при нанесении наночастиц и нанотрубок поверхностей.

Установлено, что при нанесении наночастиц углерода и закреплении их полимерным связующим на основе синтетического каучука исходная шероховатость влияет на гидрофобные свойства. Показано, что с помощью нанесения углеродных нанотрубок на пленку из цианокрилата можно увеличить краевой угол до 171 градуса. На основе полученных данных разработан способ формирования гидрофобной поверхности.

Работа выполнена в рамках проекта ПНИ 2024/2026 по теме «Разработка термосифона для термостабилизации грунтов в районах вечной мерзлоты с управлением смачиванием»

Список используемых источников:

1. Dzyubenko, B. V. Intensification of Heat and Mass Transfer on Macro-, Micro-, and Nanoscale / Dzyubenko B. V., Kuzma-Kichta Ya. A., Leontiev A. I., Fedik I. I., Kholpanov L. P. – New York.: Begell House – 2016. – 530 p.
2. Daniel J. Preston. Scalable graphene coatings for enhanced condensation heat transfer // Nano Letters. 2015. V. 15 No. 5. P. 2902-2909.
3. Kuzma-Kichta, Y.A., Ivanov, N.S., Lavrikov, A.V. et al. «Intensification of Heat Transfer During Boiling and Condensation by Means of Micro- and Nanoparticle Coatings» // J Eng Phys Thermophy. – 2023. – Т. 96. – № 2. – С. 344-348.
4. Калинин Э.К., Дрейцер П.А., Копп И.З., Мякочкин А. С. «Эффективные поверхности теплообмена.» – М.: Энергодомиздат, 1998. – 410 с.

Энерго- и массообмен между ионизированными потоками и конструкционными материалами

Берников Н.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семёнов А.А.

МАИ, Москва

В качестве двигательной установки на космических аппаратах (КА) разного типа используются электроракетные двигательные установки (ЭРДУ). Для данных ДУ вопрос энерго- и массообмена между ионизированными потоками и конструкционными материалами является очень важным, так как от этого напрямую зависит срок активного существования (САС) КА. В частности, ионная эрозия ускорительного канала, обусловленная его распылением под действием ионной бомбардировки, влияет на рабочие характеристики стационарного плазменного двигателя (СПД и во многом ограничивает его ресурс.

Распыление поверхности при ионном облучении — это один из множества эффектов, возникающих при взаимодействии ускоренных ионов с твердым телом. Этот процесс заключается в выбивании атомов вещества в результате их взаимодействия с бомбардирующими ионами. Ионы, обладающие высокой кинетической энергией, проникают в материал. В процессе своего движения они сталкиваются с ядрами атомов и электронами вещества, что приводит к смещению и возбуждению атомов, а также изменению структуры материала в зоне столкновений. Для увеличения срока службы электроракетных двигателей применяются следующие основные меры: изменение материала стенок разрядной камеры, внесение изменений в конструкцию разрядной камеры и разработка нового типа двигателя, который менее подвержен взаимодействию потока и стенок.

Чтобы разрядная камера служила дольше, материал, из которого она изготовлена, должен обладать следующими свойствами: низкой электропроводностью при высоких температурах, высокой механической прочностью, хорошей стойкостью к тепловому удару, низкой скоростью дегазации, низкой скоростью вторичной эмиссии электронов и низким коэффициентом распыления. Было проведено множество исследований на эту тему как в России, так и за рубежом. И в настоящее время подходящими материалами для разрядных камер, используемыми по всему миру, являются: композит из нитрида бора и диоксида кремния (BN-SiO₂), глинозем (Al₂O₃), карбид кремния (SiC), различные марки BN с различными связующими материалами.

В иностранных работах по исследованию распыления, зачастую сравнивают боросил(BN-SiO₂), в частности материал M26, оксид алюминия(Al₂O₃) и нитрид бора(BN). В российских работах используются все вышеперечисленные материалы, только композит из нитрида бора и диоксида кремния — марки БГП.

Список используемых источников:

1. Nathan P. Brown, and Mitchell L. R. Walker. Review of Plasma-Induced Hall Thruster Erosion.

2. Ким В.П., Попов Г.А., Шилов Е.А., Козубский К.Н., Приданников С.Ю. “Разработка физико-технических основ повышения ресурса стационарных плазменных двигателей второго поколения” №4(43)/2023 КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ 2023г.

3. N. Gascona and M. Dudeck, S. Barral. Wall material effects in stationary plasma thrusters. I. Parametric studies of an SPT-100.

4. Dan M. Goebel and Ira Katz. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters. Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology 2008.

Исследование методов численного моделирования процессов в камере ЖРД на топливной паре закись азота – керосин

Буторин С.А., Багаутдинов Д.И., Матвеев И.П.

Научный руководитель — к.т.н. Попцов В.Л.

Самарский университет, Самара

Проектирование и испытания ЖРД сопряжены с большими затратами времени и средств. Численное моделирование становится важным инструментом для анализа процессов в камере сгорания до проведения дорогостоящих экспериментов, позволяя изучать распределение температуры, давления и концентраций компонентов при разных режимах работы двигателя.

В данной работе проведено сравнение результатов расчетов следующих программных продуктов:

1. Программный комплекс «TERRA», созданный в МГТУ им. Н. Э. Баумана.
2. Rocket Propulsion Analysis (RPA).
3. Программный комплекс ANSYS Fluent.

Исследуется ЖРДМТ на топливной паре керосин Т-1 + закись азота (N_2O). Компоненты подаются в смесительную головку в жидкой фазе, где происходят их смешение и горение. Температура горения достигает ~ 3200 К, а давление в камере варьируется от 2,5 до 0,08 МПа по длине от головки до среза сопла.

Для моделирования были приняты следующие допущения:

- 2D осесимметричная нестационарная постановка с шагом по времени $1e-6$ с;
- однофазность;
- отсутствуют влияние акустических колебаний в камере на горение;
- из механизма горения исключён твёрдый углерод;
- стенки камеры адиабатические;
- параметры ЖРДМТ:
 - давление в камере сгорания 2,5 МПа;
 - на срезе сопла 0,08 МПа;
 - в выходной области 101325 Па;
 - массовое соотношение компонентов топлива $K=G_{O_2}/G_{T-1}=9,385$.

Для анализа влияния химической кинетики на процессы внутри камеры ЖРД были выполнены газодинамические расчеты в нескольких программных комплексах. Расчеты проводились в СПК «TERRA» с равновесным расширением рабочего тела и в «RPA» при identical условиях, а также в ANSYS Fluent — как с учетом горения, так и с замороженным течением.

В результате одномерных расчётов в СПК «TERRA» и «RPA», выявлены расхождения в скорости истечения $W-TERRA=2468,1$ м/с, $WRPA=2354,6$ м/с и статической температуры на срезе сопла $T-TERRA=1854,7$ К, $TRPA=2065,7$ К, что в свою очередь оказывает влияние на значение тяги на земле. Следует отметить то, что значения параметров приведены без учета потерь в сопле.

Для сравнения двухмерного расчета, произведенного в ANSYS Fluent, были взяты результаты расчета замороженного течения, который показал расхождение удельного импульса и температуры в камере сгорания, критическом сечении, срезе сопла на 6,22%, 0%, 5,99%, 9,62% соответственно, в сравнении с результатами СПК «TERRA». Расчет с применением кинетического механизма модели горения, показал следующие значения

расхождения 6,16%, 14,55%, 13,16%, 30,37%. При этом наблюдается отклонение концентрации свободных радикалов OH, O и H, что связано с исключением молекул NO, H₂ и O₂ из редуцированного механизма, из-за чего произошло перераспределение массовых долей веществ между другими компонентами.

В результате проведенных исследований можно были сделаны следующие выводы:

Программа «RPA» обладает более широкими возможностями и предоставляет больший набор параметров для расчета и проектирования ЖРД по сравнению с СПК «TERRA», но требует значительных усилий для освоения.

Отличия в результатах термодинамических расчетов между СПК «TERRA» и ANSYS Fluent объясняются различными методологическими подходами и допущениями, заложенными в каждом программном комплексе. Например, использование разных моделей турбулентности и способов решения уравнений теплообмена может существенно влиять на итоговые значения. Кроме того, выбранный кинетический механизм, основанный на определенных предположениях, может приводить к завышению некоторых параметров.

Численное моделирование с помощью ANSYS Fluent и СПК «TERRA» подтвердило свою ценность как инструмент для анализа и оптимизации процессов в ЖРД, что открывает перспективы для повышения качества проектирования и снижения затрат на разработку новых двигателей.

Для увеличения точности моделирования необходимо продолжить исследования, направленные на уточнение кинетических механизмов и развитие численных методов. Помимо этого, требуется выполнить дополнительные экспериментальные испытания с целью подтверждения достоверности полученных результатов и оптимизации используемых моделей.

Список используемых источников:

1. Shabliy L.S., Zubanov V.M., Stepanov D.V. Обзор методик моделирования внутрикамерных процессов в ЖРД с учётом химической кинетики, Актуальные проблемы авиации и космонавтики – 2016, pp. 219-221.
2. Vorobiev A.G., Borovik I.N., Ha S. (2014) Анализ стационарного теплового состояния ЖРДМТ с топливом высококонцентрированная перекись водорода–керосин с учётом впрыскивания, испарения и сгорания жидкостных капель топлива, Вестник Самарского университета, (1)43, pp. 41-55.
3. Mosolov S.V., Sidlerov D.A., Ponomarev A.A., Smirnov, Y.L. (2014) Расчётное исследование особенностей рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД, работающих на топливе O₂ + углеводороды, Труды МАИ, 58, pp. 15-15.

Численное моделирование процесса горения водотопливной эмульсии в камере сгорания авиационного газотурбинного двигателя

Вильямовский К.А., Сивишкин Н.А., Туманов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Эрнандес М.М.

Самарский университет, Самара

Одним из наиболее эффективных методов снижения эмиссии вредных веществ (NO_x, CO, сажа) в газотурбинных двигателях (ГТД) и установках (ГТУ), является применение воды. При этом, можно выделить 3 основных способа подачи воды в ГТД: впрыск перед компрессором, впрыск непосредственно в зону горения через форсунки, применение водотопливной эмульсии. Первый метод обеспечивает повышение тяги на 10–25%, либо снижение удельного расхода топлива на 10% [1]. Однако, данный метод может привести к смещению рабочей точки компрессора в сторону границы помпажа [1], что требует перепроектировки двигателя для работы с учетом этих специфических запасов по помпажу. Второй метод за счет точечной подачи в КС воды и регулирования ее расхода, позволяет снижать и поддерживать температуру в зоне горения на необходимом уровне [1]. При этом, не требуется внесения существенных изменений в конструкцию, однако, снижение NO_x менее значительно, поскольку температура на входе в камеру сгорания выше, чем при первом способе. В зависимости от места впрыска и соотношения воды и воздуха снижение

выбросов NOx может составлять 25–85% [1]. Наиболее эффективным способом подачи воды в КС является применение водотопливных эмульсий, поскольку они обеспечивают лучшее смесеобразование топлива с воздухом за счет явления микровзрывов [2], а также, снижение температуры в КС, что приводит к снижению NOx. В работе [3] отмечается, что для каждой эмульсии существует оптимальное содержание воды (2,5-5%), которое обеспечивает наилучшую стабильность пламени. При этом, наилучший баланс между выбросами загрязняющих веществ, устойчивостью пламени и характеристиками сгорания достигается при содержании воды 2,5%, в то время как при 5% воды и постоянном соотношении топливо-воздух тепловой КПД значительно снижается [3]. Также, экспериментально было доказано [4], что угол распыла водотопливной эмульсии для условий без горения уменьшается с ростом содержания воды из-за увеличения динамической вязкости, тогда как угол распыла при горении может немного возрасть. Также, было отмечено немонотонное изменение углов распыла из-за усиления микровзрывов. Таким образом, применение эмульсии топливо-вода влияет на следующие процессы: распыл топлива, нагрев и испарение капель, распределение топлива в объеме жаровой трубы, эмиссия NOx.

Целью проводимого исследования является оценка влияния впрыска водотопливной эмульсии на такие характеристики КС, как полнота сгорания, распределение температуры в объеме жаровой трубы, индексы эмиссии вредных веществ. Оценка осуществлялась с помощью средств численного моделирования газовой динамики (CFD, computation fluid dynamics). Для моделирования процессов нагрева и испарения многокомпонентного топлива возможно применение двух способов: испарение одиночных капель отдельных компонентов (Droplet), испарение многокомпонентных капель (Multicomponent). Однако существуют определенные отличия в математических моделях, лежащих в основе данных способов. Путем проведения расчетов с чистым топливом было оценено влияние этих отличий на конечный результат моделирования. После выбора подходящего способа моделирования испарения топлива, была реализована пользовательская функция на языке программирования C для имитации явления микровзрыва, присущего эмульсии топливо-вода, за счет изменения скорости испарения топлива. Расчеты проводились для двух режимов работы камеры сгорания, отличающихся коэффициентом избытка воздуха КС. В результате были получены зависимости характеристик КС от изменения доли воды в топливе, что позволило определить оптимальные условия применения эмульсии керосин-вода с учетом требований к эффективности сгорания и минимизации выбросов вредных веществ.

Список используемых источников:

1. Water injection on aircraft engines: a performance, emissions and economic study / C. Mourouzidis, U. Igie, P. Pilidis [и др.] / water injection on aircraft engines: a performance, emissions and economic study. 2015. 13 p.
2. Антонов Д.В., Кузнецов Г.В., Стрижак П. А. Характеристики аэрозольного облака, образующегося при микровзрывном разрушении двухжидкостной капли // Письма в Журнал технической физики. 2019. Т. 45. №. 16. С. 14-17.
3. Effects on performance, combustion and pollutants of water emulsified fuel in an aeroengine combustor / M.G. De Giorgi, D. Fontanarosa, A. Ficarella, E. Pescini [и др.] / Applied Energy. 2020. V. 260. 17 p.
4. Effects of water content on evaporation and combustion characteristics of water emulsified diesel spray / Z. Wang, S. Shi, S. Huang [и др.] / Applied energy. 2018. V. 226. P. 397-407.

Анализ теплового состояния рулевой камеры в приближении турбулентного пограничного слоя

Гильманова А.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шустов С.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Особенностью ракетного двигателя по сравнению с другими тепловыми машинами является работа при высоких температурах и давлении. Поэтому организация охлаждения

камеры сгорания становится одной из ключевых задач проектирования [1]. Тепловое состояние камеры ракетного двигателя определяется величиной лучистых и конвективных тепловых потоков от продуктов сгорания к стенке камеры [2].

Лучистый теплообмен по большей части зависит от типа топлива и величины температуры продуктов сгорания. Несмотря на довольно высокий уровень лучистых тепловых потоков, нагрев стенок камеры в основном происходит за счет конвективного теплообмена. Параметры конвективного теплообмена существенно зависят от характера течения в пограничном слое по длине камеры сгорания и сопла [1].

В данной работе был проведен тепловой расчет камеры сгорания с применением регенеративного охлаждения и пристеночным слоем. Расчет проводился по критериальной модели конвективного теплообмена. В первом приближении было выбрано допущение о турбулентном пограничном слое из-за простоты расчета и его отработанной методики [3].

В качестве исходных данных были приняты следующие параметры:

- давление в камере сгорания;
- данные компонентов и продуктов сгорания: расход, температура ядра потока и пристенка, теплоемкость и динамическая вязкость;
- допустимые значения температур охладителя и стенки камеры.

Расчет по критериальной модели показал невозможность организации регенеративного охлаждения для заданных параметров, так как:

- температура горячей стенки превышает допустимое значение в 1,6 раз, а температура холодной стенки – в 1,7 раз;
- величина температуры охладителя достигает температуры его кипения, что ухудшает качество теплосъема и влияет на дальнейшее смесеобразование в форсуночной головке.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

- 1) стоит уточнить характер течения в пограничном слое и повторить расчеты;
- 2) стоит провести дополнительные расчеты с использованием других моделей теплообмена, например, интегральный метод расчета конвективного теплообмена;
- 3) для обеспечения надежной работы двигателя возможно применение комбинированной системы охлаждения, а также нанесение теплоизолирующего покрытия в теплонапряженных местах.

Список используемых источников:

1. Добровольский, М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Текст] / М.В. Добровольский – М.: Машиностроение, 2005.
2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей [Текст]: Учебник для ВУЗов. Под ред. Д.А.Ягодникова, А.И.Коломенцова, Изд-е 5-е, перераб.и доп. – Москва: Издательство МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2022 г. – 774 с.
3. Пичугин, Д.Ф. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов: учеб. пособие/ Пичугин Д.Ф. – Куйбышев: Изд-во Авиационного института, 1989, 244 с.

Особенности моделирования восходящих потоков и их теплофизические характеристики в приземном слое атмосферы

Гритчин Д.М., Шилов М.С., Паршикова И.А.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.
МАИ, Москва

В данной работе рассматриваются теплофизические характеристики термических восходящих потоков и их моделирование в приземном слое атмосферы. Представлено численное описание процессов формирования и эволюции термиков, учитывающее температурные градиенты, влажность, плотность воздуха и турбулентные эффекты.

Одной из ключевых проблем современных моделей общей циркуляции атмосферы является сложность адекватного воспроизведения процессов турбулентности, конвекции и фазовых переходов в субсеточном масштабе. В данной работе рассматривается возможность применения последовательной параметризации этих процессов, основанной на едином подходе, интегрирующем диффузию вихрей и массовый поток. Такой подход позволяет

учесть взаимодействие турбулентности, конвекции, конденсации и микрофизики облачных процессов в рамках единой модели.

Особое внимание уделено исследованию механизмов конвективного переноса, обусловленного неустойчивостью атмосферного пограничного слоя. Приведены критерии, такие как число Рэлея и число Грасгофа, используемые для предсказания возникновения термиков. Рассмотрены математические модели, описывающие динамику восходящих потоков, включая модель Гедсона и её усовершенствованные вариации.

Для последовательного представления всех типов конвекции, поддерживаемой поверхностью, и связанных с ней процессов необходимо использовать единую модель, которая основывается на стохастической многотемпературной модели неглубокой конвекции. Новые компоненты единой параметризации включают физику льда и смешанной фазы, микрофизические процессы, представляющие образование дождя в конвективных восходящих потоках, конвективные нисходящие потоки, вызванные испарением осадков, отделенных от восходящих потоков, влияние холодных бассейнов на конвекцию и образование облаков в неконвективной среде.

Работа включает результаты численного моделирования термических потоков, точность которых оценивается с помощью моделирования одноколлонной, выполненной для двух случаев влажной конвекции. Результаты сравниваются с крупномасштабным вихревым моделированием, а также экспериментальными измерениями, выполненными с помощью наземной метеостанции.

Проведён анализ структуры вертикальных потоков и их влияния на возможные траектории беспилотных воздушных судов. Представлены перспективы интеграции полученных данных в навигационные алгоритмы, направленные на повышение энергоэффективности БПЛА за счёт использования термических потоков.

Список используемых источников:

1. Detecting Thermals Remotely. Nilton Renno, Stephen Rogacki, Michael Parker, Brian Russell, Robb, Gillespie, and William Rogers, 2008 г.
2. A Unified Eddy-Diffusivity/Mass-Flux Approach for Modeling Atmospheric Convection; KAY SUSELJ, MARCIN J. KUROWSKI, AND JOAO TEIXEIRA; 2019.

Особенности электрического разряда в индустриальном масле при низких температурах

Жукова Ю.А.

Научный руководитель — доцент, д.ф.м.н. Герасимов Д.Н.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

Электрический пробой жидкости – задача, актуальная не только для высоковольтной техники. Электризация, вызванная трением, может также привести к появлению значительной разности потенциалов, способной привести к электрическому пробое среды. Тем не менее, несмотря на очевидную прикладную значимость, разряд в жидкости гораздо хуже изучен, чем в газе. Очевидное и наиболее простое объяснение развития электрического разряда в жидкости – через образование паровой фазы, в которой возможно лавинное размножение электронов электронным ударом, по аналогии с обычным газовым разрядом [1, 2].

В работе исследуется электрический разряд в жидком диэлектрике при значительном изменении температуры, в том числе – при фазовых переходах. Цель исследования – построение общей вольт-амперной характеристики электрического разряда, а также в изучении корреляций между параметрами вольт-амперной характеристики и внешними факторами – свечением и образованием паровой фазы внутри жидкости.

Исследовался слаботоковый (до ~300 мкА) электрический разряд в индустриальном масле И-40А. При столь слабых токах джоулево тепловыделение мало, и, следовательно, электрический разряд не изменяет структуру жидкости, что дает возможность исследования первичных процессов при пробое жидкости. Охлаждение жидкости осуществлялось при

помощи жидкого азота; таким образом удавалось изучить процессы при замерзании жидкости (температура кристаллизации масла 258 К) и последующем плавлении льда.

Оказывается, горящий в жидкости электрический разряд (то есть ток) не прерывается даже тогда, когда вся исследуемая область покрывается льдом, пузыри не образуются и свечение не наблюдается. Параметры разряда (ток и напряжение) в замерзшей жидкости примерно такие же, как и для разряда при комнатной температуре, когда в разрядной области наблюдается яркое свечение и интенсивное образование пузырей. При оттаивании жидкости сначала наблюдаются отдельные вспышки (параметры ВАХ остаются примерно такими же), которые вскоре прекращаются, а ток в цепи повышается в несколько раз. Образование пузырей при этом не происходит.

Очевидное и наиболее простое объяснение развития электрического разряда в жидкости – через образование паровой фазы, в которой возможно лавинное размножение электронов электронным ударом, по аналогии с обычным газовым разрядом. Как видим, полученные в данной работе результаты по крайней мере ставят данную примитивную модель под сомнение. Если данные для кристаллизовавшейся жидкости сложны для интерпретации вследствие непрозрачности и рыхлости образовавшегося льда, то принципиально иной участок ВАХ в холодной, но уже освободившейся ото льда жидкости – с гораздо большим током, в отсутствие свечения и без образования пузырей, – свидетельствует о том, что механизмы протекания тока внутри жидкости, по-видимому, сложнее и разнообразнее.

Отсутствие паровой фазы, которое можно объяснить низким давлением насыщения при пониженных температурах, вовсе не уменьшило ток, как можно было бы ожидать, если размножение электронов в газовой фазе является критическим для развития разряда. Напротив, ток в данном случае в несколько раз выше, чем при комнатной температуре. Данное обстоятельство побуждает рассматривать более сложные модели движения заряженных частиц в жидкости.

В проведенных экспериментах наблюдаемое свечение коррелирует с появлением паровой фазы, за исключением процессов в оттаивающей жидкости. При этом спектр излучения разряда практически идентичен спектру люминесценции самого масла, т.е. спектру жидкости. Сочетание данных обстоятельств может означать, что свечение люминесцентных центров возбуждается на поверхности раздела фаз (на поверхности пузыря) за счет интенсивной бомбардировки электронами (появляющимися в пузыре). Вклад образующихся внутри пузыря зарядов в ток отсутствует, так как они не могут покинуть пузырь и потому не замыкают электрическую цепь – подобное возможно, если пузырь не охватывает все пространство между электродами. Зондовая диагностика всплывающих из разрядной области пузырей однозначно не подтвердила, но и не опровергла гипотезу о наличии в них заметного электрического заряда.

В целом, безусловно, вопрос об условиях формирования электрического разряда в жидкости далек от окончательного разрешения, и исследования, результаты которого представлены в данном докладе, будут продолжены.

Список используемых источников:

1. Торшин Ю.В. Физические процессы формирования электрического пробоя конденсированных диэлектриков. М.: Энергоатомиздат, 2008. 212 с.
2. Vanraes P., Bogaerts A. Plasma physics of liquids – a focused review// Applied Physics Reviews. V. 5 (2018). 031103.

Модель расчета утечек щеточного уплотнения

Загадов И.А., Новосадов Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Виноградов А.С.

Самарский университет, Самара

Современный вектор развития авиационных ГТД направлен на повышение эффективности и экологичности, что приводит к необходимости совершенствования отдельных его составных частей. Одними из элементов, оказывающих влияние на показатели двигателя, являются уплотнения системы внутренних воздушных потоков.

Уплотнение – это элемент, снижающий вредные утечки воздуха из полостей и каналов, в связи с чем повышается эффективность компрессора и турбины ГТД. С ужесточением требований к двигателям нового поколения внедрение перспективных уплотнительных элементов в конструкцию становятся все более актуальной задачей.

Щеточное уплотнение является перспективным видом уплотнений для отечественных авиационных ГТД. За счет реализации значительного местного сопротивления в канале между ротором и статором данный вид уплотнений позволяет значительно сократить утечки по сравнению с лабиринтным уплотнением.

Оценка величины утечек щеточного уплотнения является сложной междисциплинарной задачей, на решение которой требуются значительные вычислительные мощности. Для сокращения затрачиваемых ресурсов в рамках данной работы была предпринята попытка упрощения моделирования течения рабочего тела через щеточное уплотнение для оценки величины утечек.

Основные задачи, решенные при выполнении данной работы:

- газодинамическое моделирование сегмента щеточного уплотнения;
- газодинамическое моделирование щеточного ряда;
- аналитический расчет.

Первый вариант гидравлического расчета выполнялся для сегмента щеточного уплотнения, включающего 20 рядов щетин.

Второй вариант гидравлического расчета выполнялся для сегмента щеточного пакета, включающего 2 ряда щетин.

Для возможности сравнения результатов гидравлических расчетов составлена аналитическая модель утечек на основании известных уравнений [1, 2].

Планы на дальнейшую работу включают в себя следующие этапы:

- решение теплогидравлической задачи при определении утечек;
- структурный анализ щетин уплотнения для определения толщины щетин;
- создание сопряженной модели структурного и теплогидравлического анализа;
- разработка упрощенных уравнений поведения щеточного пакета при тчении рабочего тела для аналитических систем Ansys Fluent и CFX.

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. Темис Ю. М., Селиванов А. В. Перспективные уплотнения для газотурбинных двигателей //Авиационные двигатели. – 2021. – №. 2. – С. 43-60.
2. Фалалеев С.В., Зрелов В.В. Математическая модель щеточного уплотнения/ С. В. Фалалеев, В. В. Зрелов // Известия самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т.11 №3.- С.192-196.
3. Owen A. K. et al. An experimental and theoretical study of brush seal and shaft thermal interaction //Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air. – 2003. – Т. 36886. – С. 977-984.

Оптимизация потока через лабиринтное уплотнение в области под камерой сгорания двухконтурного турбореактивного двигателя нового поколения

Загородников С.А.

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

МАИ, Москва

Оптимизация потоков в области под камерой сгорания авиационного двигателя является ключевой задачей, обеспечивающей повышение эффективности и надежности работы двигателя. Одним из важнейших узлов этой области являются уплотнения [1], которые предотвращают утечки газа и обеспечивают герметичность системы. В настоящей работе рассматривается задача оптимизации геометрии лабиринтного уплотнения

Целью данной работы является разработка и апробация методов оптимизации геометрии и материалов уплотнений в области под камерой сгорания авиационного двигателя [2].

Особое внимание уделено применению композитных материалов и улучшению конструкции лабиринтных каналов, а также исследованию влияния азотирования на характеристики лабиринтного уплотнения.

Для достижения поставленных целей использованы методы компьютерного моделирования и анализа, позволяющие оценить влияние различных конструктивных решений на утечки газа и общую эффективность системы. Проведена серия сравнительных расчетов с использованием программного обеспечения Ansys CFX [3]. Исследованы различные варианты геометрии уплотнений [4]. Дополнительно был разработан специализированный программный модуль на языке программирования C#, предназначенный для автоматизации процесса расчета и оптимизации параметров уплотнений. Модуль включает алгоритмы для поиска оптимальных конфигураций геометрии, а также функции для анализа чувствительности системы к различным параметрам.

Проведенные исследования позволили оптимизировать конфигурацию лабиринтного уплотнения, обеспечивающую снижение утечек газа на 10% и повышение общей эффективности системы на 7%.

Полученные результаты подтверждают эффективность предложенных методов оптимизации и их значимость для повышения надежности и экономичности авиационных двигателей. Разработанные решения могут быть использованы в дальнейшем для оптимизации других узлов и систем авиационных двигателей, обеспечивая их конкурентоспособность и соответствие современным требованиям.

Список используемых источников:

1. Силуянова, М. В. Основы проектирования, конструкция и расчет основных характеристик авиационных газотурбинных двигателей / М. В. Силуянова. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Доброе слово и Ко», 2023. – 166 с. – ISBN 978-5-6049766-8-5. – EDN TGGREI.

2. Загородников, С. А. Оптимизация течения воздушной утечки в области под камерой сгорания двухконтурного турбореактивного двигателя тяговооруженностью 7 тонн / С. А. Загородников, А. В. Самойлов, М. В. Силуянова // Двигатель. – 2024. – № 1-2(151-152). – С. 6-8. – EDN BFTGHR.

3. Андросович, И. В. Анализ влияния качества расчетной сетки и граничных условий на результаты математического моделирования и оптимизации лабиринтного уплотнения газотурбинного двигателя / И. В. Андросович, М. В. Силуянова // Двигатель. – 2021. – № 4(136). – С. 13-15. – EDN DNMUCT.

4. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели/ Пермь: ОАО "Авиадвигатель". 2006. – 1204 с.

Способы теплозащиты элементов газотурбинного двигателя

Камоцкая Е.В., Адамова Е.Ю.

Научный руководитель — Антюхов И.В.

МАИ, Москва

В условиях быстрого развития в авиационной промышленности становится важной задачей разработки высокоэффективных защитных тепловых экранов для камер сгорания. Это связано с необходимостью к производительности и безопасности авиационных двигателей. Создание новых материалов и внедрение инновационных технологий, способных выдерживать экстремально высокие температуры, открывает новые возможности в области двигателестроения.

Теплозащитный экран — это конструкция, предназначенная для защиты корпуса и узлов камеры сгорания и турбины от воздействия горячих рабочих газов. Существует множество подходов, направленных на совершенствование теплозащитного экрана, среди которых ключевыми являются повышение его эффективности и надежности. Для достижения этих целей важно учитывать как конструкцию экрана, так и правильный выбор материалов.

Из-за воздействия очень высоких температур теплозащитный экран оборудован системой охлаждения. В его конструкции применяются жаростойкие и жаропрочные сплавы

металлов, а также высокотемпературные изоляционные и композитные материалы, устойчивые к экстремальным условиям.

Кроме теплозащитного экрана, используются покрытия для повышения жаропрочности и жаростойкости элементов газотурбинного двигателя. В основном используется газотермический способ нанесения (плазменное при атмосферном давлении) для лопаток компрессора и турбин, камеры сгорания и створок сопла.

Следовательно, теплозащитный экран и теплоизоляционные покрытия предотвращают перегрев критически важных элементов газотурбинного двигателя и повышают его надежность.

Список используемых источников:

1. «Теплозащитный экран для газотурбинного двигателя» Виано А. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46314861> // Номер патента: RU 2748819 C1.
2. «Защитный экран форсажной камеры» Коцюбинский С. В. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38293831> // Номер патента: RU 169228 U1.
3. «Теплозащитный экран для камеры сгорания газовой турбины» Новиков А. В. // Номер патента: RU 209161 U1.
4. «Особенности применения теплозащитных покрытий в тепловых двигателях» Загоровский В. В. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75157229> // УДК 629.12.

Расчет излучательных характеристик неоднородной газовой смеси методом line-by-line

Коваленко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Молчанов А.М.

МАИ, Москва

Расчет излучательных характеристик газовых смесей является важной задачей в ряде отраслей науки и техники. Спектральное излучение молекул газа в диапазоне волновых чисел от 400 до 5000 см⁻¹ определяется колебательно – вращательными переходами [1].

Существует несколько основных подходов для расчета излучательных свойств газов. К ним относятся: статистические модели полос Statistical Band Model (SNB); корреляционный метод k-распределения Correlated k-distribution Method; модель широких полос Wide band model [2]; метод Line-by-Line (LBL) [3] и другие. В настоящей работе используется методика, основанная на методе LBL, который является наиболее точным [4], однако и самым требовательным к вычислительным ресурсам. Данный метод основан на детальном расчете спектрального коэффициента поглощения, учитывая вклад каждой отдельной линии в рассматриваемом спектральном диапазоне. Значение спектрального коэффициента поглощения определяется путем суммирования вклада от всех спектральных линий с учетом их контуров. Данные контуры моделируются с использованием профиля Фойгта, который представляет собой комбинацию доплеровского и лоренцевского уширения. Для расчета параметров линий используются спектроскопические базы данных, таких как HITRAN, HITEMP, CDSD и другие.

Для проведения расчетов была разработана программа с использованием языка C++. Для верификации расчетной модели использовались данные, которые были получены экспериментальным путем. Результаты расчета показали приемлемое совпадение с экспериментальными данными.

Разработанный программный комплекс позволяет с достаточно высокой точностью прогнозировать тепловую нагрузку на элементы конструкции летательных аппаратов и силовых установок, что делает его полезным при проектировании перспективных образцов авиационно–космической техники.

Список используемых источников:

1. Rothman L.S. et al. The HITRAN 2016 molecular spectroscopic database. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 203 (2017), 3–69.
2. Modest M. Radiative Heat Transfer, 3rd Edition, Academic Press, 2013.

3. Lallemand N., Sayres A.C., Modest M.F. Evaluation of spectroscopic databases for use in infrared combustion diagnostics// *Applied Optics*. 1996. V. 35, No. 24. P. 5021-5030.
4. A.M. Molchanov, D.S. Yanyshv, L.V. Bykov, and A.S. Kovalenko. «Calculation of CO₂ Absorptivity under Thermal Nonequilibrium Conditions in the Wave Number Range between 400 and 1200 cm⁻¹», *High energy Chemistry*. 58, Suppl. 3, S354-S359 (2024).

Математическое моделирование теплового состояния кромки высокоскоростного летательного аппарата

Кожемяко А.С., Голубкин К.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитин П.В.

МАИ, ОКБ Сухого, Москва

Разработка высокоскоростных летательных аппаратов (ВЛА) тесно связана с созданием теплозащитных материалов, решающих проблему многообразного использования таких изделий. Для многообразной тепловой защиты ВЛА с высоким аэродинамическим качеством, одним из основных факторов, который способен значительно уменьшить теплопритоки в конструкцию, являются каталитические свойства поверхности теплозащитных материалов. При этом необходимо учитывать и степень черноты теплозащитных материалов, характеризующую излучающие и поглощающие свойства материалов, важные для теплоотвода от конструкции в окружающее пространство. Данные характеристики играют важную роль при проектировании тепловой защиты ВЛА.

В данной работе проведено численное моделирование теплового состояния типовой кромки ВЛА с тестовыми теплозащитными материалами в условиях высокоскоростного установившегося горизонтального полета в атмосфере. Геометрия типовой кромки ВЛА представлена в форме затупленного клина. При работе на режиме высокоскоростного полета изделие подвергается интенсивному аэрогазодинамическому нагреву, который в первом приближении оценивается в математической модели в виде граничного условия 3-го рода. Тепловой расчет проведен в квазистационарной постановке с учетом зависимости теплофизических характеристик материалов от температуры.

Решение задачи строится в системе Comsol Multiphysics. В результате численного моделирования определяются коэффициент теплоотдачи, тепловые потоки и поле температур в конструкции. Оценивается работоспособность тепловой защиты изделия в заданных условиях работы. Исследуется применимость полуэмпирических аналитических зависимостей для прогнозирования теплового состояния конструкции типовой кромки ВЛА.

Список используемых источников:

1. Никитин П.В. «Тепловая защита». Учебник высшей школы. Изд. МАИ, 2006 г., 510 с.
2. Никитин П.В., Сотник Е.В. «Катализ и излучение в системах космических аппаратов». Изд. МАИ, 2013 г., 332 с.
3. Авдеевский В.С., Галицейский Б.М., Данилов Ю.И. и др. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике». Под ред. Авдеевского В.С., Кошкина В.К., М.: «Машиностроение», 1991 г., 518с.
4. Зубко А.А., Кожемяко А.С., Никитин П.В., Сотник Е.В. Методы и средства оптимизации физико-химических свойств углерод-углеродных композиционных материалов теплозащитного назначения // *Тепловые процессы в технике*. 2022. Т. 14.

Способ улучшения теплового состояния секции сопловых лопаток ТВД ТРДД путём повышения эффективности плёночного охлаждения

Коннов И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фалалеев С.В.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Постепенное повышение температуры газа перед турбиной привело к необходимости максимизирования эффективности плёночного охлаждения с целью обеспечения приемлемого теплового состояния сопловых лопаток. Это привело к необходимости подвода

значительного количества охлаждающего воздуха через сопловые лопатки, что негативно сказывается на эффективности турбины и двигателя в целом.

Актуальной задачей в отечественном и зарубежном двигателестроении является достижение эффективности охлаждения $\Theta_{\text{ср}}=0,75...0,875$ при минимизации расхода охлаждающего воздуха.

Одним из способов решения поставленной задачи является использование профилированных («веерных») отверстий перфораций на трактовых поверхностях лопаток. Данные отверстия уже зарекомендовали себя и активно применяются на иностранных двигателях (CFM-56-7B, GP7000, M701G1) [1]. В работах отечественных авторов [2, 3, 4] показано, что использование «веерных» отверстий позволяет существенно улучшить тепловое состояние сопловых и рабочих лопаток за счёт наличия диффузорного участка на выходе из «веерных» отверстий позволяет снизить скорость охлаждающего воздуха, предотвращающего срыв струи и способствуя равномерному распределению пелены охлаждающего воздуха вдоль поверхности лопатки.

Целью работы является проведение теплогидравлических расчётов исходной конструкции секции сопловых лопаток турбины высокого давления перспективного ТРДД и варианта модернизации её системы плёночного охлаждения с последующим сравнением влияния «веерных» отверстий на тепловое состояние секции.

В ходе выполнения работы описана методика подготовки расчётной модели для проведения сопряженного теплогидравлического расчета секции. Описан процесс подготовки геометрической и конечно-элементной моделей расчетной области. Описаны настройки сеточной модели, позволяющие наиболее точно моделировать процессы газодинамики и теплообмена в турбинах с охлаждаемыми лопатками. Описаны граничные условия для проведения теплогидравлических расчётов.

В рамках работы проведены сопряженные теплогидравлические расчёты двух вариантов исполнения секции. Анализ влияния «веерных» отверстий на тепловое состояние секции путем рассмотрения поля температурной разницы между исходной конструкции секции и варианта её модернизации. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что «веерные» отверстия позволяют значительно улучшить тепловое состояние секции при сохранении затрат на охлаждение. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при формировании окончательного конструктивного облика перспективной секции сопловых лопаток турбины высокого давления ТРДД.

Список используемых источников:

1. Takeishi Kenichiro, Krewinkel Robert «Advanced gas turbine cooling for the carbon-neutral era» Int. J. Turbomach. Propuls. Power 2023, 8 (3), 19.
2. Сендюров С.И. Влияние отношения разностей давлений охлаждающего воздуха на дефлекторе и стенке сопловой лопатки на тепловое состояние входной кромки: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 / Сендюров Станислав Игоревич. – Пермь, 2010. – 151 с.
3. А.С. Тихонов, Н.Ю. Самохвалов Анализ использования профилированных отверстий перфорации для повышения качества плёночного охлаждения спинки сопловых лопаток турбин // Вестник УГАТУ. – 2012. – Т.16, №5 (50). – с. 20-27.
4. К.А. Виноградов, И.С. Добровольский, К.Р. Пятунин, В.П. Крупин, С.М. Пиотух Комплексная модель для оценки теплового состояния 1-й ступени турбины ГТД-110// Турбины и дизели. – 2017. – с. 4-7.

Оптимизация системы охлаждения рабочих лопаток биметаллических рабочих колёс типа «блиск» с охлаждаемыми рабочими лопатками

Кружалов А.Г.

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

МАИ, Москва

Полостей и интенсификаторов теплообмена происходит снижение температуры профильной части рабочей лопатки, что ведёт к повышению ресурса ротора и увеличения удельных параметров двигателя в целом.

Внедрение системы охлаждения, хотя и необходимо для поддержания оптимальных температурных режимов рабочих лопаток, приводит к усложнению их конструкции и повышению их массы. В связи с этим возникает необходимость поиска компромиссного решения между эффективностью охлаждения, массой и размерами рабочей лопатки, потерями на дополнительный расход воздуха, отбираемого из рабочего цикла, и технологическими ограничениями, возникающими на этапе производства. Кроме того, на конструкцию рабочей лопатки влияет схема подвода охлаждающего воздуха.

В рамках исследования, выполнен анализ существующих конструкторско-технологических решений, направленных на организацию подвода охлаждающего воздуха к рабочим лопаткам. Проведена оценка достоинств и недостатков каждой схемы, что позволяет определить основные проблемы, ограничения и область их применения, а также их влияние на общую эффективность работы узла турбины.

Для повышения удельных параметров двигателя одним из наиболее перспективных направлений его совершенствования является внедрение в конструкцию турбины биметаллического рабочего моноколеса типа «блиск», изготавливаемых методом горячего изостатического прессования [2]. На основании полученных данных сформирован конструктивный облик схемы подвода охлаждающего воздуха к охлаждаемым рабочим лопаткам биметаллического рабочего моноколеса типа «блиск» оптимизированной формы, обладающего минимальной массой. [3]

Применение предложенного конструктивного решения в виде трубок подвода, соединяющих воздушный коллектор и внутреннюю полость рабочих лопаток, позволяет упростить изготовление диска и повысить его ресурс за счёт исключения концентраторов напряжения в виде трудновыполнимых внутренних полостей, а для рабочих лопаток – избежать «схлопывания» внутренних полостей при проведении горячего изостатического прессования и оптимизировать угол подвода во внутренние полости.

Список используемых источников:

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. В 5т. Т.2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: учебник / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. – 2-е изд. – Москва : Директ-Медиа, 2022 – 368 с.
2. Кружалов А.Г. Совершенствование ротора высокотемпературной газовой турбины путём внедрения биметаллического рабочего колеса типа «блиск» // 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика, Сборник тезисов, 2024. - С.74-75.
3. Кружалов А.Г., Викулин А.В., Ремпель Г.Б. Разработка конструкции и технологии производства отечественных биметаллических турбин // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации, Т.1, 2020. - С.35-39.

Проектирование системы наддува привтулочных полостей турбины

Нестерова К.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тисарев А.Ю.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Непрерывное стремление к повышению параметров двигателя ($P_{к^*}$, $T_{г^*}$) приводит к ужесточению требований к охлаждению турбин [1]. При проектировании пневмосистемы турбин одной из важнейших задач является обеспечение достаточного количества воздуха для наддува привтулочных полостей. Это необходимо для снижения интенсивного втекания газа во внутренние полости турбин и обеспечения приемлемого температурного состояния их основных деталей. В данной работе рассматривается проблема наддува привтулочных полостей турбины.

Наддув привтулочных полостей турбины необходимо выполнять с целью снижения втекания газа во внутренние полости для обеспечения требований по эксплуатационной температуре материалов и ресурсных показателей деталей турбины: дисков, дефлекторов и корпусных элементов конструкции, а также для реализации продувки замковых соединений для достижения приемлемого температурного градиента на диске. При увеличении расхода воздуха на наддув привтулочных полостей турбин происходит снижение количества

втекающего газа, уменьшение температуры среды вдоль ротора и корпуса, но при этом увеличиваются потери цикла. Поэтому необходимо стремиться к обеспечению минимально необходимого и достаточного количества воздуха для наддува привтулочных полостей.

Втекание газа происходит по причине насосного эффекта, создаваемого диском, и окружной неравномерности статического давления в проточной части. Благодаря насосному эффекту подводимый охлаждающий воздух обтекает поверхность вращающегося диска на нижних радиусах и отбрасывается от него к периферии, таким образом, создаётся буферный слой, защищающий вращающиеся элементы конструкции от втекающего горячего газа. В связи с наличием буферного слоя температура среды, омывающей детали ротора, ниже, чем температура среды, омывающей корпусные элементы.

Для корректного прогнозирования температуры среды вдоль ротора турбины необходимо использовать модели, учитывающие наличие буферного слоя. По этой причине модель, которая определяет температуру среды по концентрации газа в полости, завышает температуру, и не будет использоваться в данной работе. В связи с этим была выбрана модель, учитывающая наличие буферного слоя [2].

Регулировать количество воздуха, наддувающего привтулочные полости, можно за счёт выбора геометрических характеристик магистрали подвода воздуха, а также посредством выбора радиального зазора в уплотнениях пневмосистемы турбин. Как правило, при расчетах пневмосистемы используются значения рабочих радиальных зазоров, определённых по номинальным значениям, однако, зазоры могут изменяться в пределах технологических допусков, которые могут составлять около 30% от номинальных значений зазоров. Наличие допусков вносит неопределённость в пневмосистему, что может существенно повлиять на результаты расчетов. Для назначения зазоров и допусков на них необходимо сформулировать требования и ограничения, исходя из которых, будет выбираться оптимальный зазор. В работе были приняты следующие ограничения:

1. Минимизация расхода охлаждающего воздуха.
2. Обеспечение максимально допустимой температуры эксплуатации материала деталей турбин.
3. Минимальный градиент температур между ободом и ступицей дисков ($T_{обс} - T_{ст} + 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$).
4. Расход охлаждающего воздуха через замковые соединения $\geq G=0,1\%$ для обеспечения продувки.
5. Технологические ограничения по зазорам и допускам.

На основании выполненных гидравлических расчётов пневмосистемы и термомеханических расчётов турбины была определена конфигурация магистрали подвода воздуха, в том числе радиальные зазоры в лабиринтных уплотнениях, которая позволила обеспечить предъявляемые требования при минимизации расхода охлаждающего воздуха. Выполнение расчётов с учётом допусков показало, что система является чувствительной к неопределёностям. Это говорит о том, что проекторочный расчёт должен выполняться с учётом наличия допусков.

Список используемых источников:

1. Moore, A. Gas turbine engine internal air systems: a review of the requirements and the problems [Text] / A. Moore // ASME paper 75-WA/GT-1, 1975. – vol. 12.
2. Mear, L.I. Theoretical model to determine effect of ingress on turbine discs [Text] / L.I. Mear, J.M. Owen, G. Lock // «GT2015-42326», Proceeding of the ASME Turbo Expo, 2015. – vol. 11.

Расчетная оценка целесообразности применения функциональных покрытий в системах пассивной тепловой защиты

Норенко Н.А., Агишев Р.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мякочин А.С.
МАИ, АО «Гос МКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», Москва

Одним из перспективных направлений по организации теплозащитных систем пассивного типа является формирование на силовом корпусе летательного аппарата (ЛА) функциональных покрытий на основе оксидов тугоплавких металлов, в частности на основе диоксида циркония.

В опубликованных научных трудах приведено достаточно мало данных о тепловой эффективности функциональных покрытий, обоснованных расчетной оценкой. В данной работе был проведен анализ общемирового опыта использования функциональных покрытий в качестве внешнего теплозащитного покрытия (ТЗП) ЛА, а также выполнен инженерный расчет, с целью подтверждения эффективности использования данного метода по организации тепловой защиты и целесообразности дальнейшего изучения выбранной тематики.

По результатам проведенного расчета было подтверждено, что нанесение ТЗП на основе диоксида циркония толщиной в 1 мм позволило достичь существенного снижения температуры на несущем корпусе ЛА. На активном участке полета отмечено уменьшение температурных показателей на 150 °С, что является сравнительно неплохим результатом для однослойного покрытия данной толщины. На поверхности корпуса аппаратуры изделия удалось достичь снижения температуры на 19 °С к концу полета ЛА.

Полученные результаты показывают необходимость дальнейшего изучения и совершенствования технологии формирования функциональных покрытий, эмпирического уточнения теплофизических характеристик теплозащитных покрытий и проведении тепловых расчетов, с целью уточнения получаемых результатов по оценке эффективности ТЗП.

Список используемых источников:

1. Астапов А.Н., Терентьева В.С. Обзор отечественных разработок в области защиты углеродосодержащих материалов от газовой коррозии и эрозии в скоростных потоках плазмы // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2014. № 4. С. 50-70.
2. Царева И.Н., Бердник О.Б., Кривина Л.А. и др. К вопросу о прочностных свойствах покрытия диоксида циркония повышенной толщины // Проблемы прочности и пластичности. 2021. Т.83. №3. С. 265-274. DOI: 10.32326/1814-9146-2021-83-3-265-275.
3. Jin X.J. Martensitic transformation in zirconia containing ceramics and its applications // Current Opinion in Solid State and Materials Science. 2005. V.9. P. 313-318.
4. Никитин П.В., Павлюк Е.А. Расчет тепло- и массообмена на поверхности спускаемого космического аппарата // Электронный журнал «Труды МАИ». 2014. №72. URL: www.mai.ru/science/trudy/ (дата обращения: 20.10.2014).

Моделирование газовой микротурбины CapstoneC30

Опросичев А.А., Ушаков П.В.

Научный руководитель — Молотов И.М.
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

В рамках работ по созданию цифрового двойника (ЦД) газовой микротурбины (ГМТ) Capstone C30 в докладе представлено моделирование проектного режима ее работы. ГМТ реализует цикл Брайтона, где рабочим телом является воздух, а в качестве топлива используется природный газ.

Для достижения целей моделирования выполнены следующие задачи:

- 1) обзор программных средств для численного моделирования динамических режимов работы газовых турбин;

2) расчет теплового баланса камеры сгорания (КС), регенеративного теплообменного аппарата (ТА) и тепловой расчет энергоустановки в целом;

3) численное моделирование подсистемы ТА, теплогидравлической модели GMT Capstone C30 для проектных условий эксплуатации, которая учитывает балансовые соотношения для расхода топлива.

Разработка модели осуществляется в условиях, когда штатная диагностика GMT не предусматривает получение детализированной информации о ее состоянии, выработка которой отличается от проектной.

Расчеты проводятся с использованием программного средства (ПС) MathCAD с интегрированными свойствами веществ из базы данных REFPROP NIST. Модель реализована с использованием отечественной платформы Simintech, предназначенной для разработки математических моделей, алгоритмов управления и пользовательских интерфейсов.

В теплогидравлических схемах ПС SimInTech решаются одномерные уравнения сохранения массы, импульса и энергии, а также уравнение нестационарной теплопроводности. Модель GMT [1] представляет собой пакет, состоящий из проектов схемы теплогидравлики, схемы управления и базы данных сигналов, а также используется высокоуровневый язык программирования SimInTech.

Список используемых источников:

1. Соколов В. П., Молотов И. М., Пыткина Е. А., Опросичев А. А., Ушаков П. В. Разработка цифровой модели газовой микротурбины Capstone C30 //Новое в российской электроэнергетике. – 2024. – №. 9. – С. 16-24.

Модернизация теплообменного аппарата на основе численного моделирования тепло-гидравлического состояния конструкции

Пинтелин Е.С., Щербак И.В.

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

МАИ, ОКБ Сухого, Москва

Рассмотрен вариант модернизации теплообменного аппарата (ТА) на основе численного моделирования тепло-гидравлического состояния конструкции.

Теплообменный аппарат (ТА) является одним из основных элементов любой системы терморегуляции и термостабилизации. Теплообменные аппараты проектируются под конкретные задачи и главной целью проектирования теплообменника является достижение потребного значения тепловой мощности.

Выполнены поверочные тепло-гидравлические расчеты конструкции ТА-прототипа авиационной системы кондиционирования, позволяющие определить пути модернизации, обеспечивающие достижение потребной тепловой мощности аппарата.

В качестве прототипа ТА рассмотрен кожухотрубный аппарат с прокачкой греющей жидкости на основе этиленгликоля «Лена-65» внутри труб и нагреваемого атмосферного воздуха в межтрубном пространстве с поперечной схемой обтекания оребренных труб.

Представлены результаты проведенного при помощи программных комплексов численного моделирования расчета гидравлического сопротивления внутренней (трубной) полости и аэродинамического сопротивления оребрения (межтрубной полости) исходной и модернизированной конструкции ТА.

Поскольку минимальное термическое сопротивление теплопередачи в ТА реализовалось в межтрубном пространстве, модернизацию конструкции ТА было предложено провести за счет использования гофрированного оребрения труб.

На основе критериальных уравнений теории подобия был проведен тепловой расчет как ТА-прототипа, так и его модернизированной конструкции.

Расчеты исходной модернизированной конструкций ТА показали заметный (до 18%) прирост его тепловой мощности, а также увеличение тепловой эффективности в целом.

Список используемых источников:

1. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. М.: Наука. 1982 г. 472 с.

2. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечнооребрённых труб. Л.: «Машиностроение», 1982 г. – 189 с.
3. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям, М.: «Машиностроение», 1975 г. 559 с.
4. Антонова Н.В., Дубровин Л.Д., Каллиоппин А.К., Шустров Ю.М., и др. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха, М.: «Машиностроение», 2006 г. 191 с.

Сравнительный анализ эффективности транспирационного охлаждения с различными профилями каналов пор

Полетаев А.О., Семенов А.А., Шилов М.С.

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

МАИ, Москва

Современные требования к топливной эффективности, массе, тяге и мощности разрабатываемых ГТД и ГТУ вынуждают применять новые подходы или кардинально совершенствовать старые идеи и внедрять их при проектировании данных изделий [1]. Основными способами повышения параметров ГТД и ГТУ являются повышение степени сжатия в компрессоре и повышение температуры газа перед турбиной, что, в свою очередь, предъявляет серьёзные требования к лопаткам турбины. В связи с тем, что современные конструкционные материалы не в состоянии выдержать требуемый уровень температур, приходится использовать охлаждаемые лопатки турбины. На данный момент для обеспечения температурных режимов турбины применяется конвективно-плёночное охлаждение, однако, как показывают исследования и расчёты транспирационное охлаждение с использованием пористых материалов способно обеспечить более эффективную тепловую защиту лопаток. Так, транспирационное охлаждение позволяет достичь температуры продуктов сгорания в 1700-1900 К, в то время как, с применением конвективно-плёночного охлаждения возможно обеспечить температуру в 1550-1700 К [2].

Несмотря на значительно большую эффективность, транспирационное охлаждение на данный момент не получило широкого распространения в связи с ограничениями, накладываемыми традиционными методами изготовления пористых материалов. Применение аддитивных технологий может позволить не только избавиться от данных ограничений, но и получать пористые структуры, со спрогнозированными параметрами, что позволит обеспечивать требуемые прочностные и газодинамические и тепловые свойства конструкции, изготовленной из данного материала. Ранее были предложены работы с методами формирования профиля пор для их дальнейшего производства с применением аддитивных технологий [1].

Были проведены расчёты с применением численного моделирования для выявления эффективности теплообмена продуваемого через стенку газа с самой стенкой, возможности выдерживать силовые воздействия, а также эффективности отодвигания пограничного слоя от поверхности стенки.

Список используемых источников:

1. Xu R., Cheng Z., and Jiang P. (2022). Fundamentals and recent progress of additive manufacturing-assisted porous materials on transpiration cooling. Journal of the Global Power and Propulsion Society, Special Issue: Some Advances in Additive Manufacturing for Aerothermal Technologies: 19–48.
2. Саитов Э.Н., Николаева Я.О., Бикбулатов А.М. Эффективность различных систем воздушного охлаждения лопаток газотурбинной установки // Вестник науки и образования. 2019. №3(57). Часть 2. С. 5–9.

Валидация методов формирования флеймлет таблиц при моделировании сжигания метановодородной смеси

Преснова К.В., Кузнецов А.Ю., Искворин Д.С.

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

Самарский университет, Самара

С ростом интереса к экологически чистым источникам энергии, водород стал одним из наиболее перспективных видов безуглеродного топлива. Повышение экологичности существующих ГТУ, работающих на природном газе, а также исследование возможности замещения природного газа водородом или метановодородными смесями является актуальной задачей в связи с существующей перспективной концепцией использования водорода как альтернативы современным ископаемым топливам. В большинстве случаев использование камер сгорания (КС) без внесения конструктивных изменений возможно при содержании водорода в топливе (природном газе) не более 30-40% по объему, т.к. свыше этого требуется модернизация в связи с высокой скоростью горения и низким временем задержки воспламенения. Поэтому необходима модернизация конструкции горелочного устройства для возможности его использования для метановодородных смесей с высокой долей водорода в топливе. Для решения этой задачи подойдет CFD-моделирование. Использование CFD-моделирования дает возможность тестировать и оптимизировать проектные решения еще на стадии разработки, уменьшая количество дорогостоящих стендовых испытаний, что снижает затраты на исследования и разработку новых установок.

Формирование расчетной CFD-модели сопряжено с валидацией ее отдельных составляющих, таких, например, как модели турбулентности или горения. Рассматриваемая модель горения FGM использует флеймлет библиотеки, валидации метода формирования которых и посвящена данная работа, представляющие собой зависимости скорости выгорания, состава и температуры смеси от восстановленной доли топлива и степени завершенности горения. Данные зависимости представляют собой упрощение данных, содержащихся в детальных механизмах химической кинетики, с учетом термодинамических условий в зоне горения. В данной работе рассмотрены два кинетических механизма: GRI 3.0 и Wang 2018. Механизм GRI 3.0 предназначен для моделирования горения природного газа, включающий 50 компонентов. Механизм Wang 2018 был сформирован для моделирования сжигания водорода и метановодородных смесей, и включает в себя 48 компонентов. Термодинамические условия в зоне горения характеризуются давлением и температурой подаваемых окислителя и топлива. Эти условия характеризуются энтальпией смеси, для которой строятся флеймлет библиотеки. В отличие от адиабатических флеймлетов, где рассматривается один уровень энтальпии, соответствующий входным параметрам, неадиабатические флеймлеты позволяют учесть возможные теплопотери, создавая зависимости от состава смеси и полноты сгорания, при различных уровнях энтальпии смеси.

Метод генерации флеймлет таблиц, как и кинетический механизм, оказывает существенное влияние на скорость горения и границы воспламеняемости, что требует валидации на основе эксперимента. Валидация методов формирования флеймлетов проводилась на модельной камере сгорания, разработанной в Самарском университете.

Из полученных результатов, было выявлено, что учет возможных теплопотерь приводит не только к смещению границ срыва пламени и расширению диапазона воспламенения, но и к повышению максимума скорости сгорания. Главным недостатком метода построения неадиабатических флеймлетов является сохранение скорости реакции даже при высоких значениях коэффициента избытка воздуха.

При более высоком давлении $P^*k=993$ кПа верхний концентрационный предел горения, определяемый механизмом Wang 2018 близок к стехиометрии. При таких же условиях максимум скорости реакции в механизме GRI 3.0 больше на 3,8 %. При давлении, близком к атмосферному, механизм GRI 3.0 обладает достаточно близким к стехиометрии верхним концентрационным пределом. Из этого можно сделать вывод о возможных границах применимости данных механизмов.

Создание дополнительных слоев по энтальпии для определения скоростей сгорания топлива при возникновении тепловых потерь значительно расширяет концентрационные

пределы пламени. Использование неадиабатических флэймлетов приводит к значительному повышению полноты сгорания и занижению выбросов CO, NOx и CxHy в сравнении с результатами эксперимента. В свою очередь адиабатические флэймлеты сохраняют качественную зависимость изменений полноты сгорания и выбросов CxHy, но также как и неадиабатические занижает выбросы CO и NOx при $\alpha = 3,03$ и $\alpha = 5,03$. В связи с этим результаты, полученные с использованием адиабатических флэймлетов качественно, лучше согласуются, в сравнении с результатами, полученными в расчетах с неадиабатическими. Однако для определения выбросов CO и NOx все еще необходимо доведение соответствующих моделей. В то же время, неадиабатический WANG механизм подходит для расчета метановодородной смеси.

Термосифоны с улучшенной циркуляцией как способ стабилизации вечной мерзлоты

Романюк А.В., Жукова Н.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Иванов Н.С.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

В научной группе профессора Кузма-Кичты Ю.А. (Московский энергетический институт, кафедра инженерной теплофизики) проводятся эксперименты по интенсификации теплообмена. Одним из направлений исследований является интенсификация теплообмена в термосифонах. Они являются довольно распространенным механизмом транспортировки тепла и применяются в охлаждении электроники и стабилизации грунтов [1]. Также ведутся разработки по применению тепловых труб в РУ [2]. Совместно с ООО «Ньюфрост» в лаборатории разрабатывают перспективные методы повышения эффективности термосифонов для применения при строительстве на объектах энергетики в регионах вечной мерзлоты.

Задача настоящей работы – разработка термосифона с улучшенной циркуляцией теплоносителя и интенсификацией теплообмена в испарителе. Существует ряд способов [3], связанных с модификацией поверхности испарителя и конденсатора термосифона. Они заключаются в нанесении в них гидрофильной и гидрофобной микро- и наноструктуры. Таким образом, не происходит осушения поверхности испарителя и образования пленки жидкости на стенке конденсатора, что, в свою очередь, увеличивает термическое сопротивление. В данном устройстве по оси испарителя установлена трубка, которая разделяет поток жидкости и пара, на конце трубки имеются отверстия, через которые теплоноситель подается к испарителю. В испарителе наносится комбинированное покрытие.

Для проведения исследования данной задачи была разработана установка, изготовлены и проградированы термодатчики К-типа, а также разработано устройство сбора данных. Устройство АСНИ "Физалис" разработано на основе микроконтроллера Arduino Mega ATmega 2560 и модулей измерения напряжения MAX31856 и для его работы создано программное обеспечение в программной среде LabVIEW, которое позволяет автоматизировать измерение данных эксперимента.

Проведенные нами исследования влияния комбинированных покрытий и капиллярной вставки в отдельности доказали их эффективность. В работе предлагается использовать оба данных метода совместно для достижения большего эффекта.

Работа выполнена в рамках гранта ПНИ 2024-2026 гг. проект «Разработка термосифона для термостабилизации грунтов в районах вечной мерзлоты с управлением смачиванием».

Список используемых источников:

1. Решение Международной научно-практической конференции «Управление тепловым режимом мерзлых грунтов» 10 апреля 2024 г., г. Москва, геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.
2. Верещагина Т. Н., Логинов Н. И. Тепловые трубы в современной ядерной энергетике // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. - 2024. - №3. - С. 238-256.

3. Ю.А. Кузма-Кичта Методы интенсификации теплообмена на макро-, микро- и наномасштабах: учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 124 с.

Разработка математической модели течения охлаждающего воздуха через аппарат закрутки турбины высокого давления двухконтурного турбореактивного двигателя

Самойлов А.В.

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

МАИ, Москва

Забор воздуха, осуществляемый за компрессором высокого давления, влечет за собой снижение как его производительности, так и коэффициента полезного действия. Однако, несмотря на это ухудшение эффективности, отвод воздуха для охлаждения турбины высокого давления (ТВД) является критически важным для обеспечения её бесперебойной и долговечной работы. Недостаточное охлаждение может привести к перегреву и повреждению лопаток турбины, что вызовет поломку двигателя. Современные конструкции двигателей стремятся к минимизации негативного влияния отбора воздуха на охлаждение, используя оптимизированные потоки воздуха для достижения баланса между эффективностью компрессора и надежностью турбины.

На эффективность охлаждения ТВД влияет профилирование аппарата закрутки и учет утечек из камеры сгорания, оказывающих влияние на температуру. Важно, чтобы система охлаждения доставляла воздух от компрессора к охлаждаемым элементам с минимальными потерями давления, особенно во вращающихся элементах системы подвода. Ключевую роль играет работа аппарата закрутки, где воздух расширяется и ускоряется в направлении вращения диска турбины. Оптимальный радиус расположения аппарата закрутки определяется конструкцией двигателя.

В рамках исследования было проведено моделирование области течения охлаждающего воздуха в 3D и 2D, разработана математическая модель процесса в аппарате закрутки, уточнено протекание потока через уплотнение, проанализирован тепловой поток для разных вариантов, включая профилирование лопаток аппарата закрутки. Расчет поля температур выполнен с использованием ANSYS CFX. Предложена последовательность действий для выбора оптимального радиуса расположения аппарата закрутки.

Список используемых источников:

1. Диденко Р. А., Пиралишвили Ш. А., Виноградов К. А. Теория и расчет течения в системе подвода воздуха к рабочей лопатке турбины //Тепловые процессы в технике. – 2020. – Т. 12. – №. 7. – С. 314.

2. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В. Г. Конструктивные методы совершенствования критичных узлов системы охлаждения современных высокотемпературных ТВД авиационных ГТД //Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №. 5. – С. 73-77.

3. Силуянова М.В. Основы проектирования, конструкция и расчет основных характеристик авиационных гтд / М.В. Силуянова. – Москва: ООО «Издательство Доброе слово и Ко», 2023. – 166 с.Брутян М.А. Задачи управления течением жидкости и газа: монография. - М.: Наука, 2015. – 271 с.

4.Диденко Р. А., Карелин Д.В., Иевлев Д.Г., Лебедев В.В. - Выбор радиуса расположения аппарата закрутки в системе подвода охлаждающего воздуха к рабочей лопатке ТВД // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. 2011. № 3-1 (27). С. 224-232.

К вопросу выбора алгоритма машинного обучения для задач прогнозирования значений контактного термического сопротивления

Светличная Е.В., Шилов М.С., Пронькина И.В.

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

МАИ, Москва

В последние годы наблюдается значительный рост использования цифрового и математического моделирования в проектировании изделий различного назначения. Эти методы позволяют существенно ускорить процесс разработки и сократить затраты на производство. Однако при проведении тепловых расчетов таких изделий, модели и физические процессы зачастую упрощаются и считаются идеальными, что приводит к получению недостоверных данных. Для корректного теплового расчёта важно учитывать величину контактного термического сопротивления (КТС) между двумя соприкасающимися поверхностями.

Традиционные методы определения КТС требуют дорогих и трудоемких экспериментов, охватывающих лишь часть условий работы изделия. Эмпирические методы неэффективны из-за многомерной зависимости КТС от множества факторов. Современные методы машинного обучения, в частности нейронные сети, позволяют учитывать сложные зависимости между параметрами, что делает их перспективным инструментом для прогнозирования КТС [1].

Целью данного исследования является обзор различных архитектур нейронных сетей для задачи прогнозирования КТС.

Исходными данными для задачи прогнозирования являются: числовые параметры (площадь контакта, шероховатость, температура, давление) и категориальные параметры (тип материалов, условия среды). Целевой переменной является значение контактного термического сопротивления. Для прогнозирования значений КТС предлагается рассмотреть алгоритм машинного «Random Forest», и различные архитектуры нейронных сетей полносвязные нейронные сети с Embeddings («MLP + Embeddings»), рекуррентные нейронные сети (LSTM), сверточные нейронные сети (CNN) и гибридные модели.

На начальном этапе, при ограниченном объеме данных, оптимальным выбором является использование случайных лесов (Random Forest). Random Forest демонстрирует простоту реализации и настройки, а также меньшую склонность к переобучению на малых данных. В работе [2] Random Forest хорошо справляется с несбалансированными данными и пропущенными значениями благодаря своей ансамблевой природе и случайному выбору признаков и данных.

Однако, в дальнейшем наращивании обучающей выборки, учитывая специфику задачи, целесообразно применять нейросетевое моделирование с применением архитектуры «MLP + Embeddings», так как эта комбинация позволяет учитывать сложные зависимости между числовыми и категориальными данными. «Embeddings» преобразуют категориальные данные (например, типы материалов) в компактные числовые векторы, сохраняя семантические связи между ними. В работе [3] было показано, что использование Embeddings значительно улучшает точность моделей по сравнению с традиционными методами кодирования.

Если в будущем данных для обучения «MLP + Embeddings» будет все еще недостаточно, можно рассмотреть использование «Transfer Learning» или аугментации данных. «Transfer Learning» позволяет использовать предобученные «Embeddings» или модели, обученные на схожих задачах, например на задачах прогнозирования теплопроводности материалов, что особенно полезно при ограниченном объеме данных. Аугментация данных, в свою очередь, предполагает генерацию синтетических данных на основе имеющихся, что помогает увеличить объем обучающей выборки и улучшить обобщающую способность модели.

Для расширения возможностей будущей нейронной сети можно добавить дополнительную архитектуру, например, LSTM. LSTM эффективно учитывает временные зависимости и применяются для данных, включающих динамические параметры, такие как изменение нагрузки или температуры по времени.

Также можно рассмотреть использование CNN для работы с пространственными данными. Если данные включают, например, карты шероховатости поверхности или другие пространственные характеристики, CNN может быть эффективным инструментом для извлечения локальных паттернов. В работе CNN успешно применялись для анализа тепловых характеристик на основе изображений поверхностей.

Таким образом, на начальном этапе «Random Forest» является оптимальным выбором, но с увеличением объема данных и появлением новых типов данных (временных или пространственных) можно перейти к более сложным архитектурам, или комбинациям архитектур.

Список используемых источников:

1. Ежов А.Д., Быков Л.В., Сучкова П.И., Светличная Е.В. Решение задачи контактного теплообмена нейросетевым моделированием на основе макета цифрового двойника поверхностей. // 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 18-22 ноября 2024 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2024– 3,2 Мб [Электронное издание]. стр.191-192.
2. Salman H. A., Kalakech A., Steiti A. Random Forest Algorithm Overview [Текст] / Salman H. A., Kalakech A., Steiti A. // *Babylonian Journal of Machine Learning*. — 2024. — № . — С. 69-79. <https://doi.org/10.58496/BJML/2024/007>.
3. Gorishniy Y., Rubachev I., Babenko A. pag. On Embeddings for Numerical Features in Tabular Deep Learning / Gorishniy Y., Rubachev I., Babenko A. pag. [Электронный ресурс] // Semantic Scholar : [сайт]. — URL: <https://clck.ru/3Ge8Dp> (дата обращения: 01.02.2025).

Транспирационное охлаждение с применением пористых материалов, изготовленных аддитивным методом

Семенков А.А., Владимиров М.Р., Полетаев А.О.

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

МАИ, Москва

Повышение эффективности и тяги газотурбинных двигателей (ГТД), а также производительности и мощности газотурбинных установок (ГТУ) непосредственно зависит от увеличения температуры в камере сгорания [1]. Однако температура продуктов сгорания ограничена требованиями поддержания допустимых тепловых режимов лопаток газовой турбины. Поскольку конструкционные материалы не выдерживают высокие температуры, необходимые для работы современных ГТД и ГТУ, требуется использование системы охлаждения лопаток турбины. С применяемым на данный момент конвективно-пленочным охлаждением лопаток турбин, наибольшей температурой, которую возможно достичь перед газовой турбиной является 1800–1900 К, в свою очередь, применение транспирационного охлаждения позволяет повысить температуру до 2200 К [2].

Принцип транспирационного охлаждения заключается в подаче охлаждающего вещества (хладагента) через стенку, изготовленную из пористого материала. При этом происходит теплообмен по всей толщине стенки. После покидания стенки хладагент образует тонкую плёнку на поверхности, отодвигая пограничный слой. Преимущества данного метода заключаются в том, что благодаря использования пористого материала увеличивается площадь контакта хладагента и материала стенки, а также повышается равномерность плёнки.

Основной проблемой при применении традиционных методов производства пористых материалов является сложность в создании равномерного распределения пор, и, как следствие малая предсказуемость свойств данных материалов. структуры не получили широкого. Данную проблему возможно решить применением для изготовления изделий с пористыми стенками аддитивных технологий, активно развивающихся в настоящее время [3].

Применение аддитивных технологий позволяет получить поры в виде специально спрофилированных каналов, позволяющих повысить эффективность теплообмена [4]. В связи с этим актуальной задачей, непосредственно связанной с испарительным

охлаждением, в настоящее время является разработка методов проектирования и расчета каналов из пористых материалов для получения требуемых прочностных и теплофизических параметров. [3].

Список используемых источников:

1. Kus, Krzysztof & Wójcik, Marcin & Malecha, Ziemowit & Rogala, Zbigniew. (2024). Numerical and experimental investigation of the gyroid heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 231. 125882. 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2024.125882.

2. Викулин А.В., Ярославцев Н.Л., Земляная В.А. Исследование транспирационного охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин // Теплоэнергетика. 2019. №6. С. 27—32. DOI: 10.1134/S0040363619060092.

3. Xu R., Cheng Z., and Jiang P. (2022). Fundamentals and recent progress of additive manufacturing-assisted porous materials on transpiration cooling. *Journal of the Global Power and Propulsion Society, Special Issue: Some Advances in Additive Manufacturing for Aerothermal Technologies*: 19–48.

Численное моделирование работы системы кондиционирования самолета

Сихра П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Пашков О.А.

МАИ, Москва

Исследование работы системы кондиционирования воздуха (СКВ) гермокабины самолета важная часть в проектировании летательного аппарата (ЛА). Количество научных статей по данной тематике за 10 лет с 2014 по 2024 год возросло более чем в 2 раза. Вопрос теплового и газодинамического расчёта СКВ гермокабины самолета актуален не только в военной, но и в гражданской авиации, поскольку имеет прямое влияние на физическое состояние пилотов и пассажиров.

Анализ работы СКВ можно проводить с нескольких точек зрения. В статье [1] рассматривалась быстрая смена воздуха в гермокабине Boeing 767-300. Авторы статьи [2] работали над однородным распределением потоков воздуха. В гражданской авиации так же важен состав и качество поступающего воздуха [3]. В статье [4] были рассмотрены направление и скорость потока, и влияние индивидуальных диффузоров обдува пассажира. Так же компании проводили дополнительные расчёты для решения вопроса распространения инфекции воздушно-капельным путем на фоне пандемии Covid-19 [1].

Тепловой и газодинамический расчёт СКВ гермокабины можно реализовать с помощью программного комплекса ANSYS Fluent. Создаётся 3D модель гермокабины. Далее строится расчетная сетка, задаются граничные условия потоков воздуха, свойства материалов, источники тепловыделения и начальные условия, производится численное моделирование теплового состояния внутри кабины. Анализ полученных результатов. Так же на основе полученных результатов определяются возможности оптимизации конструкции СКВ (создание дополнительных вентиляторов и диффузоров для получения оптимальных параметров).

В результате анализа и расчёта СКВ гермокабины самолёта можно добиться максимальной эффективности работы системы и благоприятных условий для человека на борту ЛА.

Список используемых источников:

1. "Numerical simulations of the flow fields and temperature distribution in a section of a Boeing 767–300 aircraft cabin" Chanfiou Ahmed Mboreha , Xavier Tytelman, Collins Nwaokocha, Abayomi Layeni , Ruth C. Okeze , Abdalsh Shaibu Amiri DOI: 10.1016/j.matpr.2021.06.42.

2. "CFD-Based Evaluation of Flow and Temperature Characteristics of Airflow in an Aircraft Cockpit" Xiaosai Duan, Suihuai Yu* , Jianjie Chu, Dengkai Chen and Zhaojing Su DOI:10.32604/cmes.2022.016779.

3. "Novel air distribution systems for commercial aircraft cabins" Tengfei Zhang, Qingyan (Yan) Chen* doi: 10.1016/j.buildenv.2006.02.014.

4. "Experimental and Numerical Study of Airflow Distribution in an Aircraft Cabin Mockup with a Gasper On" Ruoyu You, Jun Chen, Zhu Shi, Wei Liu, Chao-Hsin Lin, Daniel Wei, and Qingyan Chen. <https://doi.org/10.1080/19401493.2015.1126762>.

Моделирование и анализ процессов теплопередачи в радиаторе

Сурнин А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Чернова А.А.

ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, Ижевск

В данной работе представлено численное решение задачи сопряженного теплообмена для охлаждающего элемента радиатора, что является важной задачей в области теплофизики и теплотехники. Основой для решения проблемы является математическая модель, описывающая движение сплошных сред с помощью системы уравнений Навье-Стокса. Численное решение задачи осуществляется методом контрольных объемов (Volume of Fluid Method, VOF), что позволяет точно и эффективно моделировать процесс теплообмена в сложных геометриях и потоках. Для этого использована платформа Ansys CFX, широко применяемая для численного моделирования в области механики сплошных сред. Она предоставляет гибкие инструменты для интеграции уравнений и позволяет учитывать все особенности процессов теплообмена и гидродинамики в реальных конструкциях радиаторов. Исследование сосредоточено на анализе медно-алюминиевой секции радиатора, выполненной с использованием двух вариантов расположения медных трубок: шахматного и рядного. Каждая трубка имеет внешний диаметр 7 мм, что соответствует типичному размеру в современных системах охлаждения. Особое внимание уделяется сравнению эффективности этих двух конфигураций трубок в зависимости от направления потока охлаждающего воздуха, что оказывает значительное влияние на параметры теплообмена и гидродинамики. В ходе работы был проведен комплексный анализ полученных численных данных, который включал оценку температурных распределений, скоростей потока и коэффициентов теплопередачи для каждой из моделей. Результаты сравнены между собой, что позволило выявить особенности и преимущества каждого из вариантов размещения трубок с точки зрения эффективности теплообмена. Кроме того, в работе проведена оценка перспектив применения медно-алюминиевого радиатора в авиационной, проведено сравнение с характеристиками воздушно-масляного радиатора BMP 875, что позволило оценить конкурентоспособность медно-алюминиевых радиаторов на основе их теплотехнических и эксплуатационных свойств.

Список используемых источников:

1. Koroleva M. R., Saburova E. A., Chernova A. A. Studying the efficiency of cooling and resistance of ribbed tubular elements.
2. Numerical investigation of cooling down and aerodynamic resistance processes in ribbed tubular elements / A. Gizzatullina, O. Mishchenkova, M. Koroleva, A. Chernova.
3. Тепловая нагрузка биметаллической оребренной трубки / Е. С. Байметова, А. Ф. Гиззатуллина, М. Р. Королева, О. В. Мищенко, Ф. Н. Пушкарев, А. А. Чернова.
4. Optimization of the developed outer surface of an industrial oil cooler / E. S. Baymetova, A. A. Chernova, M. R. Koroleva, M. Kelemen.

Оценка основных и экологических характеристик модельной камеры сгорания авиационного двигателя при ее конвертировании для наземного применения

Тарасенко А.Н.

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

МАИ, Москва

Разработка авиационного двигателя гражданского назначения и, в частности, его узлов представляет собой крайне трудоемкую задачу, что обусловлено с одной стороны необходимостью удовлетворить целый ряд требований для прохождения процедуры сертификации [1, 2], а с другой – обеспечить технико-экономическое совершенство [3].

Вследствие специфики эксплуатации и назначения такого изделия, оно способно устойчиво функционировать в достаточно широком диапазоне параметров рабочего процесса и имеет относительно небольшие габариты [4]. В связи с этим, а также в целях экономии на разработку новых устройств, для определенного круга задач широкое распространение получило конвертирование авиационных двигателей в наземные установки.

В части камеры сгорания наибольшее влияние будет оказывать факт перехода на другой тип топлива – природный газ, – который помимо иного агрегатного состояния также имеет более высокую по отношению к авиационному керосину теплоту сгорания. Это означает с одной стороны необходимость переработки фронтального устройства вследствие отсутствия необходимости жидкостной форсунки, а с другой – переопределения расхода топлива для обеспечения той же или меньшей температуры газа перед турбиной при сохранении устойчивости горения без срывов пламени. Однако, помимо этого, в связи с пристальным вниманием со стороны государства за экологической обстановкой, в качестве дополнительного фактора успешного конвертирования можно рассматривать также проблему эмиссии вредных веществ.

В рамках данной работы рассмотрен процесс доработки модельной камеры сгорания авиационного двигателя при его конвертировании в газотурбинную наземную установку, а также проведена оценка основных и экологических характеристик в полученном изделии методами компьютерного моделирования.

Список используемых источников:

1. Нормы летной годности двигателей воздушных судов. НЛГ 33. Издание 1 / Утв. Приказом Федерального агентства воздушного транспорта от 17 ноября 2022 года №820-П. 2022. 82 с.
2. Нормы летной годности. Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания. НЛГ 34 / Утв. Приказом Федерального агентства воздушного транспорта от 19 декабря 2022 года №928-П. 2022. 8 с.
3. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели / Пермь: ОАО "Авиадвигатель". 2006. 1204 с.
4. Медведев С.Д., Балякин В.Б. Использование конвертированных газотурбинных авиационных двигателей и технологий // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. № 3(19). 2009. – С. 292-298.

Влияние относительной доли приосевого потока на процесс горения в противоточной вихревой трубе

Тарасов А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Интенсификация процессов смешения и горения во многом определяет эффективность и экологичность устройств сжигания топлива. Одним из наиболее эффективных подходов к организации горения является закрутка потока, которая позволяет быстро перемешать топливо и окислитель. Варьируя интенсивность закрутки и соотношение топлива с окислителем можно обеспечить формирование видимого фронта пламени как внутри горелочного устройства, так и снаружи при различных режимах горения, таких как бедное, стехиометрическое или богатое.

В работе численно исследованы особенности протекания процессов горения в противоточной вихревой трубе Ранка-Хилша на двух режимах. Их отличие заключается в том, что в первом режиме топливо сжигается при чистой противоточной схеме движения воздуха. Во втором режиме часть периферийного потока выпускается через дросселирующее устройство в торцевой стенке вихревой камеры. В качестве топлива используется пропан. Исследовался бедный режим с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 2,5$. Расчеты выполнены на модели горения – FGM Partially Premixed Combustion. В первом режиме относительная доля приосевого потока в вихревой трубе $\mu = 1$, на втором режиме $\mu = 0,95$.

Результаты показали, что поле температуры на режиме с частично открытым выходом периферийного потока изменилось таким образом, что зона максимальных температур сместилась ближе к топливной форсунке. Максимальная температура при этом снижается на 150 К. Осредненное положение фронта пламени, провизуализированное полем концентрации радикалов ОН, практически не меняется.

Также выявлено, что частичное открытие выхода периферийного потока влияет на частоту колебаний положения фронта пламени. На первом режиме осевые колебания положения фронта пламени имеют частоту около 300 Гц. При частичном открытии выхода периферийного потока частота пульсаций снижается до значения в 200 Гц. Таким образом, частичный выпуск периферийного потока позволяет снизить частоту пульсаций положения фронта пламени.

Список используемых источников:

1. Veretennikov S.V., Piralishvili Sh.A., Evdokimov O.A., Guryanov A.I. Heat transfer simulation of unsteady swirling flow in a vortex tube // Journal of Physics: Conference Series, 2018, Vol. 980, pp. 1-6.
2. Бирюк, В.В. Вихревой эффект. Технические приложения. [Текст] / В.В. Бирюк, С. В. Веретенников, А. И. Гурьянов, Ш.А. Пиралишвили. – М.: Изд-во Научтехлитиздат, 2014. – Т.2. – ч.2. – 213 с.
3. Пиралишвили, Ш.А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения [Текст] / Ш.А. Пиралишвили, В.М. Поляев, М.Н. Сергеев — под ред. РАН А.И. Леонтьева. — М.: УНПЦ «Энергомаш», 2000, — 412с.

Метод оптимизации циклической электротепловой противообледенительной системы входного устройства

Уваров К.Ф.

Научный руководитель — профессор, Молчанов А.М.

МАИ, Москва

Обледенением в авиационной технике называется отложение льда на аэродинамических поверхностях, обтекаемых частях самолетов и вертолетов, а также на силовых установках и внешних деталях специального оборудования при полете в облаках, тумане или мокром снеге. Существуют несколько видов обледенения: капельное, сублимационное и сухое. Наиболее опасным типом обледенения в следствие своей интенсивности является капельный. При этом происходит замерзание капель влаги, содержащихся в облаке или же дожде и находящихся в переохлажденном состоянии, на аэродинамических поверхностях конструкции летательного аппарата.

В двигательных установках при обледенении входного устройства наблюдается падение пропускной способности, что вызывает падение КПД механизма. Вызываемый обледенением входного устройства пульсационный режим работы может наносить непоправимый вред конструкции из-за вибрационных механических нагрузок и приводить к аварийной ситуации [1].

Используемые противообледенительные системы (ПОС) подразделяются на системы предотвращения обледенения и борьбы с обледенением. Наиболее универсальными и активно используемыми в отрасли являются тепловые или электротепловые ПОС (ЭТ ПОС). Работа ЭТ ПОС заключается в подогреве участков обледенения поверхности самолета до температур, которые препятствуют кристаллизации жидкости, либо в периодическом включении электрических элементов, что обеспечивает таяние нижнего слоя льда и его дальнейший сброса набегающим потоком [2]. Большинство современных летательных аппаратов на данный момент используют именно такую систему.

Оптимизация и доработка существующих узлов машин и механизмов – один из способов повысить рентабельность аппарата, не внося существенных нововведений в его конструкцию [3]. Противообледенительные системы имеют как массогабаритные параметры, так и параметры мощности и режима работы. Последние отвечают за эффективность узла, то есть за экономичность работы при достижении целевой функции

системы. Уменьшение энергопотребления ПОС может повысить экономическую эффективность её эксплуатации.

В рамках данной работы была разработана методика проведения многопараметрического однокритериального расчета параметров ПОС в двумерной постановке, при которой к концу цикла обледенения поверхностный слой льда совершит фазовый переход. Температура поверхностного слоя обшивки не должна превышать температуры кристаллизации воды с некоторой погрешностью для предотвращения образования барьерного льда. Параметрами оптимизации являются: мощность ПОС (Вт/м^2), время включения ПОС (с). Целевой функцией является затраченная энергия ПОС

Решение оптимизационной задачи производилось в 2 этапа. На первом этапе происходит математическое моделирование обледенения аэродинамического профиля. Для отработки предлагаемого метода моделирование обледенения производилось в программном продукте Ansys FENSAP. В данной программе расчет обледенения производится в три этапа: по временным шагам рассчитывается поле давления, скорости и температур. Затем инерционной моделью рассчитывается осаждение капель переохлажденной жидкости на профиль. В последнем модуле ведется моделирование обледенения. После отработки данных модулей получаем изменение геометрии профиля и характер теплообмена по временным шагам.

Представляемый алгоритм решает задачу теплопроводности методом теплового баланса неявным методом. Участок профиля, на котором происходит обледенение, разбивается на совокупность элементов по его толщине. К определенному ряду элементов прикладывается условие внутреннего тепловыделения, имитирующее работу ПОС. На каждом временном слое к верхнему граничному ряду добавляется новый ряд элементов, имитируя таким образом процесс обледенения. Так же к последнему слою налагается граничное условие третьего рода, имитирующее конвективный теплообмен. В задаче не учитываются теплоотoki за пределы расчетной области. Доля лучистого теплообмена пренебрежимо мала из-за низких ($<1000^\circ\text{C}$) температур. Также не учитывается изменение теплофизических характеристик от температуры из-за ожидаемо низкого изменения диапазона температур. Программа последовательно повышает тепловую мощность ПОС до тех пор, пока к концу расчетного времени первый слой льда у поверхности профиля толщиной 0,05 мм (50 мкм) не получит достаточной энергии для совершения фазового перехода. В качестве начальных условий принимается, что температура всех элементов конструкции равна 0°C . По предложенной методике была разработана и протестирована программа. Экспериментальные данные для отработки авторской программы были взяты из работы [4].

Список используемых источников:

1. Милев К.Е., Семенов С.В., Балакирев А.А. Обзор способов борьбы с обледенением в авиационных двигателях. Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника №59. 2019, 5-19 с.
2. Скиданов С., Электротепловые системы защиты летательных аппаратов от обледенения. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию, М: МАИ, 1986, с. 74.
3. Темис Ю. М., Якушев Д. А. Оптимизация конструкции деталей и узлов ГТД // Вестник СГАУ. 2011. № 3-1.
4. Mahdi Pourbagian, Wagdi G. Habashi, «Aero-thermal optimization of in-flight electro-thermal ice protection systems in transient de-icing mode» International Journal of Heat and Fluid Flow, т. 54, pp. 167-182, 2015.

Численное моделирование течения в теплообменной матрице на основе поверхности типа Р

Щербак И.В., Пинтелин Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Янышев Д.С.

МАИ, Москва

Теплообменные аппараты играют важную роль в авиационной технике. С развитием технологий и растущими требованиями к эффективности авиационных двигателей возникает

необходимость разработки новых решений для повышения производительности теплообменных аппаратов. В данной работе рассмотрен метод интенсификации теплообмена, заключающийся в использовании сложной геометрии канала, образованной трёхмерной трижды периодической поверхностью Шварца типа Primitive. Это позволяет значительно повысить коэффициент теплопередачи, что, в свою очередь, сокращает размеры теплообменников. Основной задачей работы является численное моделирование течения теплоносителей в теплообменных матрицах на основе двух конструкций: классической трубчатой и на основе поверхности Шварца, а также сравнительный анализ их эффективности с точки зрения теплообменных гидравлических и массогабаритных характеристик.

Результаты расчётов показали, что матрица на основе поверхности Шварца типа значительно превосходит трубчатую по тепловому потоку, который оказался выше на 55,3%. Это объясняется образованием вихревых течений в застойных зонах, что интенсифицирует процесс теплообмена. Однако, несмотря на явное преимущество по теплопередаче, потери давления в классической трубчатой конструкции существенно ниже, чем в матрице на базе поверхности Шварца типа P: по маслу на 63,32%, по керосину на 90,44%, что объясняется малым проходным сечением контура керосина. С точки зрения массогабаритных характеристик, матрица на основе поверхности Шварца оказалась меньше по объёму на 55,9% легче на 46% по сравнению с трубчатой.

Таким образом, результаты данного исследования показывают, что трёхмерные минимальные поверхности Шварца типа могут быть эффективным решением для применения в качестве теплообменных матриц в авиационных теплообменных системах. Эти результаты открывают перспективы для применения сложных геометрий в проектировании компактных и высокоэффективных теплообменных аппаратов, что может значительно улучшить характеристики современных авиационных двигателей.

Список используемых источников:

1. А.Л. Светлаков, И.А. Гулимовский, И.С. Вербанов, Д.В. Маслова, "ТЕПЛООБМЕННИКИ НА БАЗЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШВАРЦА ТИПА P, АДАПТИРОВАННЫЕ К АДДИТИВНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ" // Инженерно-физический журнал, Т. 97, № 3, 2024.
2. "Справочник по теплообменным аппаратам" П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М. Машиностроение, 1989. – 366 с.
3. Л.В. Быков, А.М. Молчанов, Д.С. Янышев. Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики (2019).

Секция №2.3 Конструкция и технология производства двигателей и энергетических установок

Анализ перспектив применения водородных двигателей в авиации

Адамова Е.Ю., Камоцкая Е.В.

Научный руководитель — Антюхов И.В.

МАИ, Москва

Современная авиация сталкивается с серьёзными экологическими вызовами. Рост пассажиропотока и расширение авиаперевозок сопровождаются увеличением выбросов CO_2 , что ставит под вопрос устойчивость традиционных технологий. Исследование показало, что водородные двигатели позволяют снизить выбросы углекислого газа на 85%. Поэтому данный доклад посвящен исследованию перспектив применения водородных двигателей в авиационной промышленности как одного из ключевых направлений развития воздушного транспорта. В ходе исследования сравниваются три основных технологических решения. Первый вариант — это водородные двигатели внутреннего сгорания. По принципу работы они близки к традиционным ДВС, но вместо углеводородного топлива используют водород. Их основными преимуществами являются высокая термическая эффективность и практически полное отсутствие выбросов CO_2 . Однако водород имеет низкую плотность, что требует специальных решений по хранению, а его сгорание происходит при более высокой температуре, что может приводить к образованию оксидов азота. Альтернативой является использование водородных топливных элементов, которые преобразуют химическую энергию водорода в электричество, обеспечивая нулевые выбросы. Этот вариант считается экологически наиболее чистым, но обладает сложностями в плане габаритов и хранения топлива. Наконец, существует гибридный подход, сочетающий топливные элементы с аккумуляторными батареями. Он позволяет оптимизировать энергопотребление, но требует сложных стратегий управления и увеличивает массу силовой установки. Также в исследовании приведены примеры практического применения водородных технологий. Хотя водородные двигатели и представляют собой одно из наиболее перспективных направлений в авиационной отрасли, способное значительно сократить углеродный след воздушного транспорта, их масштабное внедрение требует решения ряда технических и экономических задач, связанных с безопасным хранением водорода, созданием соответствующей инфраструктуры и снижением стоимости производства. Тем не менее, водородные двигатели уже нельзя рассматривать как далекое будущее — это направление активно развивается, и в ближайшие годы мы, вероятно, увидим первые водородные самолёты в коммерческой эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Водородные двигатели // Лопасева Н.Л., к.б.н., доцент; Неверова О.П.
2. Agarwal R.K. Review of technologies to achieve sustainable (green) aviation // *Recent advances in aircraft technology*. — 2012 — Т. 19 — С. 427–464.
3. The Influence of Hydrogen Addition on Operational Parameters Values of ICE Engine // Adrian Chmielewski, Robert Gumiński.
4. Обслуживание водородного двигателя внутреннего сгорания // Мамонов Е.М., Цехмистрова Т.Е.

Исследование и оптимизация конструкции лопаточного завихрителя камеры сгорания газотурбинного двигателя

Ван Фууй, Шарафутдинов Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.х.н. Александров Ю.Б.

КНИТУ-КАИ, Казань

По мере развития технологий газотурбинных двигателей конструкция камер сгорания продолжает совершенствоваться. При проектировании современных камер сгорания необходимо учитывать множество требований: стабильное и эффективное сгорание,

подходящая температура на выходе, легкий запуск, малые габариты, минимальные гидравлические потери и выбросы загрязняющих веществ. Практически все перечисленные требования достигаются за счет оптимизации камеры сгорания. Современные камеры сгорания проектируются с учетом горения обедненной топливоздушнoй смеси, при этом стараются как можно больше воздуха подать через фронтoвое устройство. Это снижает эмиссии оксидов азота на выходе из двигателя, но вносит дополнительные сложности для стабилизации горения и снижения гидравлических потерь на фронтoвом устройстве камеры сгорания [1-4].

Отдельного рассмотрения заслуживают вопросы оптимизации профилей лопаток. В лопаточных завихрителях камер сгорания лопатки служат для закрутки потока, поворачивая его на необходимый угол. Лопатки в завихрителях практически выполняют ту же функцию, что и направляющие аппараты компрессоров, хотя, однако, межлопаточный канал в завихрителях не обязательно должен быть диффузорным. По конструкции лопатки в завихрителях могут быть как прямыми, так и профилированными. В работах по завихрителям камер сгорания редко встречаются сведения по применению лопаток оптимальной конструкции. Между тем при конструировании в лопаточных машинах применяются такие понятия как: относительная густота решетки (отношение хорды профиля к шагу лопаток), относительная высота лопаток (отношение высоты лопаток к хорде). Выбор оптимальных значений относительных параметров в компрессоростроении позволяет получить минимальные потери. Большая густота решетки позволяет повернуть поток с минимальным отклонением от расчетного угла на выходе и добиться безотрывного обтекания, однако большое количество лопаток ведет к загромождению потока и уменьшению расхода через кольцевое сечение заданного диаметра. При неправильном конструировании могут возникнуть отрывы на профиле лопаток, что также приведет к загромождению потока в лопаточных каналах заихрителя. Это ведет к уменьшению эффективной площади каналов и увеличению потерь.

Из написанного выше следует, что путем оптимального профилирования лопаток в завихрителях, можно добиться снижения потерь и увеличения расход через них.

В данном исследовании в качестве объекта исследования рассматривается камера сгорания действующего авиационного двигателя, а существующая базовая конструкция завихрителя оптимизируется численным моделированием с последующей экспериментальной проверкой. Для увеличения количества воздуха, подаваемого от фронтoвого устройства и тщательного его перемешивания с топливом, была принята концепция проектирования завихрителя согласно принципам системы TAPS (TwinAnnular Premixing Swirler). Исследование выполняется в рамках двух последовательных этапов. На начальном этапе была проанализирована геометрия проточной части завихрителя и выбраны четыре разновидности конструкций. На следующем этапе выбранные конструкции были оптимизированы, путем изменения угла установки лопаток в осевом и радиальном направлениях закрутки потока воздуха.

Результаты комплексного анализа, основанные на численных расчетах и экспериментальных исследованиях, показывают, что при уменьшении расхода воздуха, подаваемого на лопатки осевого направления, угол расширения вихревого потока ниже по потоку существенно увеличивается – примерно на 22%. Исследования показывают, что независимо от того, одноступенчатая или двухступенчатая конструкция завихрителя, с увеличением угла установки лопаток соответственно увеличивается угол расширения поля нисходящего потока и расширяется зона рециркуляции, что существенно повышает устойчивость горения. Объединив результаты численных расчетов с экспериментальными данными, было установлено, что оптимальной конфигурацией является двухступенчатый завихритель с углом установки лопаток радиального направления 45 градусов. Применение данной конструкции завихрителя в расчете камеры сгорания показало, что выбросы оксида азота на выходе из камеры сгорания сократились на 12,5%, а выбросы оксида углерода – на 53,4%, что позволило достичь ожидаемых показателей экологической эффективности.

Список используемых источников:

1. WANG Mingrui, XIAO Yang, HAN Bing, et al. Gas analysis test and calculation method of aeroengine [J]. Journal of Aerospace Power, 2015, 30 (11): 2568-2574.
2. Cong-Anh Pham, Q.-H. N., Tuan-Anh Vu, Nhu-Van Nguyen. MULTIDISCIPLINARY OPTIMIZATION OF COMBUSTION CHAMBER FOR SMALL GAS TURBINE ENGINES. 33rd Congress of the international Council of the aeronautical sciences, Stockholm, Sweden, 4-9 september, 2022.
3. Kumar Jha N.; Malve B. S., Gawde R. V.. Design and Optimization of Combustion Chamber for Gas Turbine Engine. Preprints 2023, 2023111853.
4. DING Mingjie, DONG Lin, BAN Runze, et al. Numerical simulation study on flow field morphology influenced by bionic vanes of a dual-stage swirler [J/OL]. Journal of Propulsion Technology, 2024-09-13, 1-14.

Повышение эффективности малоразмерных газотурбинных установок за счет внедрения в схему рекуперативного теплообменника

Владимирцев В.В., Игошин С.П.

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

Самарский университет, Самара

Обоснование. Тема повышения эффективности газотурбинных двигателей и установок всегда являлась неотъемлемой частью развития данной отрасли. В последние несколько десятилетий многие компании, к примеру, General Electric – ГТУ LM6000, Honeywell – ГТУ TFE731, активно используют рекуперативные теплообменные аппараты в своих газотурбинных установках. Еще большее количество компаний (Rolls-Royce, Flex Energy, Mitsubishi Heavy Industries) серьезно задумываются об этом, либо активно ведут разработки. Внедрение теплообменников обусловлено минимизацией расхода топлива и повышением КПД ГТУ, что положительно сказывается на экологических характеристиках. В малоразмерных газотурбинных установках теплообменный аппарат в перспективе может значительно снизить удельный расход топлива и сделать установку экономически наиболее выгодной.

Цель – Исследование возможности внедрения в схему малоразмерной газотурбинной установки рекуперативного теплообменника. Оценка изменения термогазодинамических параметров установки вследствие изменения схемы.

Методы. Используются расчетные методы, описывающие рабочий процесс в проточной части газотурбинной установки.

Результаты. Проведён термогазодинамический расчет параметров малоразмерной газотурбинной установки в её характерных сечениях в САЕ-системе АСТРА-7-20. Газ, выходящий из турбины, направляется в теплообменник, где отдает часть своего тепла воздуху, прошедшему компрессор. Вследствие того, что воздух, поступающий в камеру сгорания имеет большую температуру, нежели он имел бы без прохода через теплообменник, на подогрев газа в камере сгорания тратится меньше топлива. Следовательно, удельная тяга установки уменьшается, что положительно сказывается на её экономической эффективности и экологических показателях.

Расчет подтверждает повышение термического КПД малоразмерной ГТУ на 5-15%. Этот показатель достигается за счет увеличенной температуры воздуха на входе в камеру сгорания, а также снижению потерь тепла газа на выходе из установки.

Как известно, при высокой степени повышения давления температура выхлопных газов снижается, что приводит к снижению эффективности теплообменника. В малоразмерных ГТУ сложнее реализовать высокие степени сжатия из-за увеличения потерь, поэтому теплообменник в таких аппаратах будет достаточно эффективным.

Поскольку масса для ГТУ является не таким критическим показателем, как для авиационных ГТД, то её увеличение вследствие внедрения теплообменного аппарата не окажется столь критичным для работоспособности малоразмерной ГТУ в необходимых условиях эксплуатации.

Вывод. Для малоразмерных газотурбинных установок рекуперативный теплообменник является приемлемым, поскольку использование предложенной схемы ГТУ влечет за собой увеличение термического КПД, снижению расхода топлива, что влияет на стоимость эксплуатации изделия. Важно учитывать, что при проектировании рекуперативного теплообменника для достижения его наибольшей эффективности необходимо учитывать такие важные факторы, как коэффициент гидравлических потерь и коэффициент компактности. Только комплексное решение данной задачи способно привести к значительным улучшениям показателей малоразмерной газотурбинной установки.

Список используемых источников:

1. Иноземцев А. А., Сандрацкий В. Л. Газотурбинные двигатели Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок // ОАО "Авиадвигатель", г. Пермь, 2006, – 1195 с.

2. Руководство по формированию математических моделей термогазодинамического расчета ГТД в программном пакете "АСТРА", Самара, Издательство SSAU, 2023, – 48 с.

Прочностной анализ эластичного опорного шарнира поворотного управляющего сопла ракетного двигателя

Кривун К.В., Пещерова А.А.

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

МАИ, Москва

Использование поворотных управляющих сопел (ПУС) для изменения вектора тяги в ракетных двигателях твердого топлива (РДТТ) является важным элементом, обеспечивающим маневренность и стабильность ракет-носителей. Одним из важнейших компонентов таких систем выступает эластичный опорный шарнир (ЭОШ), который подвергается значительным механическим нагрузкам в условиях высоких температур. Определение его прочностных свойств играет решающую роль в обеспечении надежности всей системы управления. Учитывая сложность проведения экспериментальных исследований, было принято решение провести численное моделирование в двух различных CAE-платформах для подтверждения достоверности результатов.

Моделирование выполнялось в программных комплексах ЛОГОС-Прочность и ANSYS Mechanical, которые предоставляют возможность решения прочностных задач с учетом нелинейных эффектов. Основное внимание уделялось следующим параметрам:

- сдвиговым напряжениям, возникающим в эластомерах в процессе эксплуатации;
- термическим напряжениям, формирующимся в резинометаллических слоях;
- адгезионной прочности соединения между эластомерами и металлическими элементами.

Для оценки работоспособности ЭОШ результаты численного анализа сравнивались с допустимыми значениями характеристик материалов. Верификация данных между ЛОГОС-Прочность и ANSYS осуществлялась путем сопоставления напряженно-деформированного состояния шарнира при одинаковых граничных условиях, нагрузках и конечно-элементной модели. Отличия численного моделирования, применяемых в этих программах, были проанализированы для выявления возможных расхождений и их причин.

Полученные результаты моделирования могут быть использованы для оптимизации конструкции шарнира с целью повышения его долговечности и устойчивости к эксплуатационным нагрузкам. В перспективе планируется проведение экспериментальной проверки численных данных, а также учет дополнительных факторов, таких как усталостная прочность, воздействие агрессивных сред и возникновение шарнирного момента.

Список используемых источников:

1. Конструкция ракетных двигателей на твердом топливе / К64 Под общ. ред. чл. корр. Российской академии наук, д-ра техн. наук, проф. Л. Н. Лаврова – М. : Машиностроение, 1993. – 215 с., ил.

2. Поворотные управляющие сопла РДТТ. Конструкция, расчет и методы отработки. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 144 с. – ISBN 978-5- 9221-1828-6.

3. Апакидзе Ю.В., Твердотопливные двигательный установки маршевых ступеней баллистических ракет: Технический сборник. – Москва: АО «Корпорация «Московский институт теплотехники», 2021. – 137 с.

4. Абашев В.М., Конструкционные материалы, используемые в ракетных двигателях: Учебное пособие. — Москва: МАИ, 2009. — 84 с.

Исследование методов постобработки деталей и сборочных единиц, произведенных методом селективного лазерного сплавления

Кувакин Д.М., Молебников Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Селиверстов С.Д.

МАИ, Москва

Селективное лазерное сплавление (СЛС) – это передовая технология аддитивного производства, которая позволяет создавать детали машин и сборочные единицы (ДСЕ) сложной геометрии, недоступной для традиционных методов обработки материалов, таких как фрезерование, литье или штамповка. Эти традиционные, так называемые субтрактивные и формативные методы, ограничены в своих возможностях создания сложных внутренних полостей, тонких стенок и органичных форм. СЛС же открывает новые горизонты, позволяя создавать легкие, высокопрочные конструкции с оптимизированной геометрией, при этом используя различные материалы в рамках одной детали. Более того, цикл производства при использовании СЛС значительно сокращается, что делает его экономически выгодным для многих применений, особенно в секторе прототипирования и мелкосерийного производства.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, СЛС имеет и существенные недостатки. Главная проблема заключается в высокой шероховатости поверхности получаемых деталей. Эта шероховатость обусловлена самим принципом работы технологии: послойное наращивание из порошкового материала неизбежно приводит к образованию неровностей, а характеристики самих порошковых частиц также вносят свой вклад в дефекты поверхности. Необходимость последующей обработки деталей, полученных методом СЛС, является обязательным этапом производства. В данном исследовании были исследованы два перспективных метода постобработки ДСЕ из нержавеющей стали 316L, изготовленных с помощью СЛС: электрохимическая полировка и лазерная полировка. Электрохимическая полировка – это объемный метод обработки, который позволяет достичь значительного снижения шероховатости по всей поверхности детали. Его особенность заключается в способности обрабатывать даже труднодоступные места – малые отверстия, глубокие пазы, сложные внутренние каналы. Выбор электролита, плотности тока и времени обработки являются критическими параметрами для достижения оптимального результата. Лазерная полировка, в свою очередь, представляет собой локальный метод обработки. Она позволяет точно и избирательно воздействовать на отдельные участки поверхности детали, удаляя необходимые неровности. Высокая точность лазерного луча позволяет минимизировать влияние на прилегающие участки. Выбор параметров лазерного излучения, таких как мощность, скорость сканирования и диаметр фокусного пятна, критически важен для получения желаемого качества обработки.

Для метода электрохимической полировки в ходе экспериментальной отработки режимов определено, что снизить шероховатость на Ra 0,54 (от Ra 0,7, до Ra 0,16) возможно при следующих режимах: сила тока 2.5А, напряжение 30В, время обработки 30 мин., электролит 0,25% от объема HCl (соляная кислота) и 75% от объема H3PO4 (ортофосфорная кислота). При этом установлено, что изначальная шероховатость в целом не влияет на характер изменения шероховатости в ходе обработки.

Для метода лазерной полировки определено, что зоны единичного контакта лазера с обрабатываемой поверхностью (ванны расплава) при взаимном пересечении образуют новую форму поверхности (со стыками). Снижение шероховатости также возможно, причем без уноса массы изделия, однако требует дальнейшей отработки для получения поверхности без стыков.

В заключение следует отметить, что выбор метода постобработки зависит от конкретных требований к изделию, его геометрии и требуемого значения шероховатости. Дальнейшие исследования направлены на совершенствование методов постобработки для повышения эффективности и снижения стоимости производства.

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. Шибавев Б.А., Балмасов А.В. Электрохимическое полирование конструкционных легированных сталей // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2019. № 2.

Выбор количества и размеров зон полетных условий при реализации методик контроля выработки ресурса основных деталей ГТД высокоманевренных боевых ЛА с учетом полетных условий

Кузнецов П.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Гогаев Г.П.

МАИ, ОКБ им. А. Люльки – филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва

В связи с необходимостью снижения стоимости жизненного цикла газотурбинных двигателей (ГТД) высокую актуальность приобретают работы по совершенствованию методик контроля выработки ресурса основных деталей (ОД) ГТД. Одно из направлений развития данных методик для высокоманевренных боевых летательных аппаратов (ЛА) – учет реальных полетных условий при контроле накопленной поврежденности ОД [1].

В рамках данного направления в ОКБ им. А. Люльки разработана методика контроля выработки ресурса ОД, базирующийся на учете полетных условий реализации циклов нагружения [2]. В соответствии с методикой весь диапазон эксплуатации ГТД делится на зоны. Далее, проводятся расчеты по определению в каждой зоне единичной (за один цикл нагружения) повреждаемости. В процессе эксплуатации, на основе регистрируемых параметров, электронный регулятор системы автоматического управления (САУ) ГТД выделяет цикл нагружения ОД и условия его реализации. Исходя из данной информации, определяется зона полетных условий, в которой был реализован цикл нагружения. При расчете накопленной поврежденности, электронный регулятор САУ ГТД использует единичную повреждаемость, соответствующую единичной повреждаемости зоны выделения цикла нагружения.

Однако, при реализации данной методики в серийных двигателях 4-го поколения оперативно – тактической авиации (ОТА), возникает необходимость увеличения потребной памяти и вычислительных мощностей, что не позволяет применить данную методику без существенных доработок существующих электронных регуляторов САУ ГТД. В связи с этим, для серийных двигателей методика была доработана в части реализации средневзвешенного подхода к учету полетных условий [3]. В данном подходе единичная повреждаемость цикла нагружения определяется как сумма произведений единичной повреждаемости зоны на вероятность реализации цикла нагружения в данной зоне.

С целью применения методик [2, 3] контроля выработки ресурса ОД ГТД с учетом реальных полетных условий на различных двигателях и ЛА, возникает необходимость индивидуального выбора количества и размеров зон полетных условий.

Таким образом, целью данной работы является разработка инструментария для выбора количества и размеров зон полетных условий.

Для решения поставленной цели была разработана программа для ЭВМ «ОВОД». Алгоритм работы данной программы можно разделить на несколько этапов.

На первом этапе, на основе имеющихся результатов расчетов единичных повреждаемостей для различных полетных условий, программа рассчитывает значения единичной повреждаемости в каждой точке диапазона эксплуатации ЛА и строит поверхности зависимости единичной повреждаемости от полного давления и температуры торможения на входе в двигатель.

На втором этапе, программа позволяет провести предварительный расчет средневзвешенной единичной повреждаемости путем суммирования произведений единичной повреждаемости зоны на вероятность реализации цикла нагружения в данной зоне. Информацию о вероятности реализации циклов нагружения определяют на основе анализа эксплуатации. Рекомендуется для подобного анализа использовать программу ЭксКон v.3.0 [4].

На третьем этапе, на основе загруженных ранее данных, программа позволяет провести оптимизацию размеров и количества зон полетных условий по значению средневзвешенной единичной повреждаемости.

В программе реализована возможность автоматического построения зон с заданной пользователем разностью единичной повреждаемости между зонами.

Программа позволяет провести индивидуальный подбор размеров и количества зон для каждой ОД двигателя.

По итогам проделанной работы получены следующие результаты:

1) Разработан автоматизированный инструментальный - программа для ЭВМ «ОВОД», позволяющая определить оптимальное значение количества и размеров зон при реализации контроля выработки ресурса основных деталей ГТД высокоманевренных боевых ЛА с учетом полетных условий.

2) Разработанная программа направлена на государственную регистрацию в ФИПС 24.02.2025 года.

Список используемых источников:

1. 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.

2. Способ эксплуатации авиационного газотурбинного двигателя по его техническому состоянию/ Богданов М.А., Гогаев Г.П., Шубин И.А., Немцев Д.В. // Патент РФ №RU 2236671 С1 Оpubл. 02.08.2017 г. Бюл. №22.

3. Способ эксплуатации авиационного газотурбинного двигателя по его техническому состоянию/ Гогаев Г.П., Богданов М.А., Шубин И.А., Немцев Д.В. // Патент РФ №RU 2742321 С1 Оpubл. 04.02.2021 г. Бюл. №4.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661658 Российская Федерация. ЭксКон v.3.0 : № 2021660778 : заявл. 07.07.2021 : опубл. 14.07.2021 / И. А. Шубин, М. А. Богданов, Г. П. Гогаев.

Разработка многофункционального стапеля для изготовления воздухозаборника мотогондол авиационного двигателя

Левченко Д.А., Устинов К.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Рязанцев А.Ю.

АО КБХА, Воронеж

В рамках утвержденной правительством Российской Федерации программы развития и импортозамещения авиационной отрасли, до 2030 российским авиаперевозчикам должно быть поставлено более 1000 самолетов разных типов таких как: SJ-100, MC-21 и Ту-214.

Импортозамещение в сфере гражданской авиации подразумевает разработку и серийный выпуск отечественных перспективных авиационных двигателей нового поколения. Российские турбовентиляторные двигатели 5 и 5+ поколений создаются на основе конструктивных решений, использованных в двигателе ПД-14, с уменьшением диапазона тяги до 7-9 тонн.

Мотогондола авиационного двигателя – это обтекаемый отсек самолета, в котором расположен авиадвигатель. Этот отсек, предназначенный для монтажа двигателя и выступающий за пределы фюзеляжа или крыла, на котором установлен двигатель. Мотогондолы защищают двигатель от внешних воздействий и позволяют реализовать дополнительные функции, включая спрямление и смещение воздушных потоков на выходе, а также реверс тяги.

Целью работы является разработка комплекта рабочей конструкторской документации комплекса оснастки для сборки деталей и сборочных единиц воздухозаборника мотогондолы.

Стапель должен обеспечивать сборку изделия в соответствии с требованиями электронной конструкторской документации.

К авиационным изделиям присущи следующие особенности:

- большое количество деталей;
- широкий спектр используемых материалов;
- сложные геометрические формы элементов;
- высокие требования к качеству обработки поверхностей.

Для обеспечения условий сборки, в качестве баз были выбраны: ось двигателя (горизонтальная, вертикальная); плоскость фланца и штифты, отверстие в корпусе воздухозаборника под датчик температуры и давления.

Первый этап сборки включает соединение корпуса воздухозаборника с фланцем, монтаж уголков шпангоута, установку противопожарного экрана, носовой части воздухозаборника и необходимого крепежа. По завершении этих операций подсобранное изделие передается на следующий стапель, где с применением специального кондуктора осуществляется сверление отверстий в корпусе.

Чтобы ускорить процесс проектирования оснастки, работы проводились с использованием российской САД-системы АСКОН Компас 3D, что позволило существенно сократить число ошибок и повысить эффективность проектирования [2, 3].

Таким образом, спроектированный стапель для сборки воздухозаборника авиационного двигателя обеспечивает высокое качество сборки в соответствии с установленными стандартами и требованиями заказчика. Его оптимизированная конструкция позволила снизить затраты времени и материалов при производстве, а применение современных САД-технологий значительно ускорило разработку 3D-моделей и подготовку документации.

Список используемых источников:

1. Гончарова К.Ю., Рязанцев А.Ю., Смоленцев Е.В., Возможности работы с импортированными объектами в современных машиностроительных САПР// В сборнике: Современные технологии производства в машиностроении. Сборник научных трудов. Редколлегия В.Г. Грицюк [и др.] Воронеж, 2020. С. 129-132.
2. Ломакин И.В., Рязанцев А.Ю., Юхневич С.С. Проектирование и внедрение Автоматизированных систем управления жизненным циклом изделия вспомогательного производства //В книге: XLVII Гагаринские чтения 2021. Сборник тезисов работ XLVIII Международной молодежной научной конференции. Москва, 2021. С.615-616.
3. Кириллов О.Н., Смоленцев В.П., Юхневич С.С., Рязанцев А.Ю. Основы Автоматизации производственных процессов в машиностроении// – 2-е издание, дополненное. Воронеж: 2020.

Проектирование соплового аппарата турбины с учётом обеспечения торможения при обрыве вала

Персиянцев К.С., Абдрашитов Н.В., Сергеев И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Виноградов А.С.

Самарский университет, Самара

В авиационном двигателях выделяют особо ответственные детали, разрушение и отказ в работе которых может повлечь за собой катастрофу всего летательного аппарата. К категории таких деталей относят детали ротора [1]. К ним предъявляются очень высокие

требования по технологическому изготовлению, неразрушающему контролю, обеспечению защиты при эксплуатации и хранении.

В современной практике использования турбин больших мощностей присутствует проблема неконтролируемой раскрутки ротора, которая заключается в стремительном увеличении его частоты вращения. Раскрутка возникает из-за отсутствия возможности передачи энергии потребителям ввиду обрыва кинематической связи при продолжающем работу газогенераторе.

При достижении определенных критических частот происходит разрушение вала, что приводит к отказу авиационного двигателя, а также, возможно, летательного аппарата.

Среди мероприятий защиты от раскрутки выделяют два метода: диагностические и конструктивные.

Под диагностическими методами имеется в виду использование специальных датчиков [2]. Например, датчиков контроля предельных частот вращения, разности фаз вращения турбины и компрессора или положительного ускорения частоты вращения турбины.

Под конструктивными мероприятиями понимается внедрение в изделие особых инженерных решений, способных обеспечить торможение.

В турбине используются роликовые подшипники: при нарушении связи с потребителями ротор под действием газовых сил потока рабочего тела перемещается на некоторое расстояние вдоль оси двигателя к выходному устройству и тормозится лопатками соплового аппарата, что приводит к уменьшению раскрутки.

Повышение непробиваемости статора турбины достигается утолщением и оребрением стенки корпуса или конструированием специальной защиты, в некоторых случаях увеличение жёсткости обеспечивается целенаправленным расположением фланцев поперечных разъемов в плоскости рабочего колеса.

Особым конструктивным методом является внедрение в ступени парусных саблевидных сопловых лопаток. В традиционной практике профилирования сопловые лопатки выполняют прямыми. Однако, для саблевидных лопаток соплового аппарата втулочные сечения наклоняют в сторону вращения лопаток рабочего колеса, периферийные – в противоположную; входная комка лопатки выносится в сторону предшествующего рабочего колеса, уменьшая осевой зазор между ними.

В настоящей работе решаются две задачи. В первой задаче рассматривается влияние парусности на газодинамику потока, где ограничением является существующая проточная часть двигателя [3]. Полученный в результате профилирования пера лопатки и CFD-расчёта КПД должен быть не ниже исходного значения для существующей лопатки соплового аппарата. Рассчитывается неравномерность потока на входе в сопловой аппарат. Проводится сравнительный расчёт на прочность пера в составе всего корпуса статора [4]. Дается конструкторско-технологическая оценка о возможности изготовления сопловой лопатки предложенной конфигурации.

Во второй задаче оценивается скорость, с которой ротор перемещается при обрыве вала, преодолевает осевой зазор и впоследствии затормаживается о лопатки соплового аппарата.

В результате работы получен профиль саблевидной лопатки, удовлетворяющий наложенным ограничениям, и сформирована методика для оценки выбора осевого зазора между рабочим колесом и сопловым аппаратом с саблевидными лопатками.

Список используемых источников:

1. Ножницкий Ю.А. Подтверждение ресурса авиационных ГТД для критических по последствиям деталей двигателя. // В кн. Современные проблемы ресурса материалов конструкций, МАМИ, 2009, с. 74-89.
2. Дорошко С.М. Контроль и диагностирование технического состояния газотурбинных двигателей по вибрационным параметрам. – М.: Транспорт, 1984. – 128 с.
3. Иванов М.Я., Нигматуллина Р.З. Аэродинамика проточной части ГТД // ЦИАМ 2001-2005. Основные результаты научно-технической деятельности. – М., 2005. С. 80-84.
4. Котеров Н.И., Даревский В.М., Никулин М.В., Гой В.Ф. Методы расчёта на прочность корпусов, оболочек, направляющих и сопловых аппаратов газотурбинного двигателя. Отв. ред. Биргер И.А. Труды ЦИАМ №769, М., ЦИАМ, 1977, 344 с.

Выбор типа разъёмного фланцевого соединения путем численного моделирования напряженно-деформированного состояния

Пещерова А.А., Кривун К.В.

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

МАИ, Москва

Современные разработки в области ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) требуют точного прогнозирования прочности конструктивных элементов. Одной из ключевых задач является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) в местах соединения (выполненным в виде закладного элемента) соплового блока с корпусом двигателя. Проведение большого количества огневых стендовых испытаний требует значительных затрат, поэтому использование численного моделирования становится неотъемлемой частью проектирования. В силу сложности получения экспериментальных данных, для достоверности расчета численного моделирования было принято решение использовать несколько программ для решения одной задачи. В связи с увеличивающимся спросом на отечественную продукцию, наибольший интерес в данном направлении представляет сопоставление с зарубежными комплексами для численного моделирования, зарекомендовавшими себя на рынке уже долгое время. В данной работе проводится верификация, реализованная в ЛОГОС-Прочность и ANSYS, с целью анализа различных разъёмных соединений, и, как следствие, определение запаса прочности данной конструкции.

В рамках решения поставленной задачи спроектирован модельный вариант узлового соединения корпуса с сопловой крышкой маршевого РДТТ. В ходе работы была построена конечно-элементная модель в ЛОГОС-Прочность и ANSYS, где в качестве нагрузки рассматривалось внутрикамерное давление. Проведен сравнительный анализ результатов расчета напряженно-деформированного состояния в различных платформах. На основе полученных данных из численного моделирования определен наиболее целесообразный вариант фланцевого соединения, исходя из массы и обеспечения необходимого коэффициента запаса прочности рассматриваемого узла.

Таким образом, исследование направлено на изучение НДС различных разъёмных соединений в узле крепления сопловой крышки к заднему днищу РДТТ с целью выбора рациональной конструкции, а также на достоверность полученных данных, путем численного моделирования в отечественной и зарубежной продукции. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей оптимизации и повышении надежности ракетных двигателей твердого топлива. В дальнейшем возможно проведение экспериментальных исследований на предмет расчёта НДС, используя оптико-поляризационную установку.

Список используемых источников:

1. Кирюхин, А. Л. Импортозамещение программ конечно-элементного расчёта прочности корабельных конструкций и технических средств / А. Л. Кирюхин, А. А. Кирюхин // Морская стратегия и политика России в контексте обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития в XXI веке : сборник научных трудов / Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова. Том Выпуск 5. – Севастополь : Б. и., 2022. – С. 114-121.
2. Конструкция ракетных двигателей на твердом топливе / К64 Под общ. ред. чл. корр. Российской академии наук, д-ра техн. наук, проф. Л. Н. Лаврова – М. : Машиностроение, 1993. – 215 с., ил.
3. Расчет двигателя твердого топлива: Учеб. пособие / А. В. Котельников; Моск. авиац. ин-т им. С. Орджоникидзе. - Москва: Изд-во МАИ, 1993. - 89,[1] с. : ил.
4. Фахрутдинов И. Х., Котельников Л. В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива // Учебник для машиностроительных вузов. — Москва: Машиностроение, 1987. 328 с.

Разработка ультразвукового излучателя для обработки высокопрочной керамики

Писарев А.А.

МАИ, Москва

Современные авиационные двигатели требуют использования материалов, обладающих высокой термоустойчивостью, чтобы обеспечить надежность и долговечность в условиях экстремальных температур и нагрузок. В авиационной промышленности выбор материалов играет важную роль. Одним из наиболее перспективных решений являются керамические материалы, которые отличаются повышенными термическими и механическими свойствами. Однако, несмотря на ее преимущества, керамика имеет значительные ограничения в обработке. Трудности, связанные с механической обработкой керамических материалов, обусловлены их хрупкостью и высокой твердостью. Это приводит к быстрому износу инструментов, а также к ограничению возможностей применения традиционных методов обработки.

В связи с вышеописанными проблемами был разработан ультразвуковой излучатель, предназначенный для обработки высокопрочной керамики. Одним из главных преимуществ ультразвуковой обработки является снижение нагрузки на инструмент. При традиционных методах обработки, таких как резание, инструмент может испытывать значительные механические нагрузки, что приводит к его быстрому износу. Ультразвуковая обработка позволяет снизить эти нагрузки, что в свою очередь продлевает срок службы инструмента и снижает затраты на его замену и обслуживание. Это особенно важно в условиях авиационной промышленности, где время простоя и затраты на обслуживание могут существенно влиять на общую эффективность производства.

Кроме того, ультразвуковая обработка позволяет достичь более высокой точности и качества поверхности обрабатываемых деталей. Это связано с тем, что ультразвуковые колебания способствуют более эффективному удалению материала и минимизируют риск повреждения керамики. В результате, детали, обработанные с использованием ультразвуковой технологии, обладают повышенными характеристиками, такими как гладкость поверхности и точность геометрических размеров.

Таким образом, разработка ультразвукового излучателя для обработки высокопрочной керамики представляет собой значительный шаг вперед в области обработки материалов для авиационных двигателей. Эта технология не только улучшает качество и скорость обработки, но и открывает новые возможности для применения керамических материалов в важных компонентах авиационных двигателей.

Список используемых источников:

1. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с. ил. – (Б-ка технолога).
2. Марков А.И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. Машиностроение, 1-68г., с. 365.
3. Козинер Ю.Д., Кравцов Д.А., Пожидаев А.А. Исследование процесса ультразвукового фрезерования высокопрочной керамики, применяемой для изготовления деталей авиационной и космической техники //Космическая техника и технология. №4(39)/2022 г., с. 22.

Обеспечение качества паяных соединений при изготовлении камер сгорания жидкостного ракетного двигателя

Подшибякина В.А.

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

КБХА, Воронеж

Главные достижения космической отрасли России всегда были неразрывно связаны со значительным улучшением характеристик жидкостных ракетных двигателей и повышением надежности их работы.

Под надежностью жидкостного ракетного двигателя следует понимать способность сохранять требуемые параметры в допускаемых пределах при заданных условиях эксплуатации. На всех этапах «жизненного цикла» ЖРД, начиная от проектирования и заканчивая эксплуатацией в изделии, осуществляется целый комплекс мер, обеспечивающих качество и надежность двигателя [1].

Одним из основных агрегатов ЖРД, влияющих на работоспособность, качество и надежность двигателя, является камера сгорания.

Камерой жидкостного ракетного двигателя называют агрегат ЖРД, в котором компоненты топлива или продукты газогенерации в результате химических реакций преобразуются в продукты, создающие при истечении реактивную силу.

Работоспособность камеры при подобных силовых и температурных нагрузках невозможна без обеспечения ее непрерывного охлаждения, которое может осуществляться, например, с помощью горючего, протекающего перед поступлением в смесительную головку по каналам внешней системы охлаждения камеры сгорания. Такой способ охлаждения называется регенеративным.

Охлаждающий тракт является ключевым элементом конструкции камеры, определяющим ее прочность, надежность охлаждения и массовые характеристики

Каналы охлаждающего тракта камеры могут быть сформированы следующими способами:

- посредством установки гофрированной проставки между наружной и внутренней стенками камеры;
- соединением профилированных трубок при помощи пайки;
- соединением стенок сваркой по специальным выштамповкам, выполненным на наружной стенке;
- фрезерованием ребер на внутренней стенке камеры;
- травлением или выдавливанием продольных (или косых) канавок на внутренней стенке.

Конструкции охлаждающего тракта в виде ребер и гофр наиболее применимы при проектировании и производстве камер ЖРД, так как обеспечивают более высокую жесткость и прочность камеры, а также оптимальную скорость течения охлаждающего компонента топлива.

Изготовление каналов охлаждающего тракта путем фрезерования ребер на внутренней стенке и последующей пайки двух стенок камеры более предпочтительно, чем использование гофрированных вставок.

Прочность, надежность и работоспособность охлаждающего тракта напрямую зависит от качества паяного соединения огневой и наружной стенок камеры, поэтому все составные части камеры в процессе изготовления неоднократно подвергаются различным видам контроля и испытаний с целью раннего выявления дефектов на каждом этапе производственного цикла.

Наиболее распространёнными дефектами паяных соединений, влияющими на прочность и герметичность камеры, являются непропан, шлаковые включения, поры, раковины и рыхлоты, заплывания. Данные дефекты образуются вследствие нарушения технологических режимов пайки, наличия отклонений при сборке деталей, а именно:

- несоответствия величины зазора между собранными деталями;
- нарушения температурного режима при проведении пайки;
- некачественной очистки соединяемых поверхностей деталей от загрязнений;
- прекращения капиллярного течения припоя и неполного заполнения им соединений.

Качественное паяное соединение возможно лишь при высокой степени чистоты поверхности соединяемых деталей, поэтому перед операцией пайки обязательно проводится тщательная подготовка: очистка поверхностей от окислов, жировых загрязнений и посторонних частиц. Для очистки используются механические, химические, электрохимические и электролитические методы.

Контроль качества паяных соединений на всех стадиях изготовления камер ЖРД включает в себя следующие этапы:

- контроль исходных материалов наружной и внутренней стенок и припоя на соответствие требованиям нормативно-технической документации;
- контроль основных размеров деталей и сборки на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации;
- контроль качества подготовки поверхностей и правильности сборки под пайку;
- контроль технологических режимов пайки.

Окончательно изготовленные сборочные единицы проходят рентгено-контроль с целью выявления возможных запаев каналов охлаждающего тракта, а также испытания на прочность и герметичность давлением, превышающим максимальное рабочее давление в условиях эксплуатации камеры в составе двигателя [2-3].

Список используемых источников:

1. Волков Е. Б., Судаков Р. С., Сырицын Т. А. Основы теории надежности ракетных двигателей. М., «Машиностроение», 1974, с. 400.
2. Рахманин В.Ф. Разработка технологии пайки камер отечественных ЖРД/ В.Ф. Рахманин // Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. – 2017. – № 34. С. 322-336. – END YLTFAD.
3. Патент №2397846 С2 Российская Федерация, МПК В23К 1/00. Способ пайки узла камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя: №2008139745/02: заявл. 06.10.2008: опубл. 27.08.2010/ А.В. Бондарь, А.В. Гребенщиков, Н.В. Сухоруков [и др.]; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруневича» (ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруневича») – END WGACOS.

Оценка монтажа трубопроводов на их надежность на примере топливного коллектора камеры сгорания РД-33МК

Присяжная Е.В., Лукиных А.П., Арбузов Е.А.

Научный руководитель — Дьяченко Д.А.

МАИ, ММП имени В.В. Чернышёва, Москва

В настоящее время актуальной проблемой авиационного двигателестроения является определение причин и устранение возникших разрушений трубопроводов при эксплуатации. Практическое решение поставленной задачи требует соблюдения отраслевых стандартов и анализа прочности конструкции. Основным фактором поломки трубок является динамическая нагрузка, в процессе эксплуатации и статическая в процессе сборки, снижающая выносливость материала. В связи с этим применяется методика преобразования деформаций поверхности деталей с помощью тензометров и тензометрических преобразователей [2].

Рассматривается двигатель РД-33МК, с которого были сняты параметры деформаций при помощи тензометрирования. Основываясь на полученных данных, моделируется несколько вариантов монтажа топливных магистралей при условиях: недотяга, несоосности и перекоса [3]. С применением автономных CAD и CAE систем определяется расчетное напряженно-деформируемое состояние (НДС), возникающее на эксплуатационных и специальных режимах работы конструкции [1]. Расчетное решение этой задачи позволяет найти распределение напряжений под влиянием внешних нагрузок. В первую очередь проводимое исследование рассчитано на оценку прочностных свойств трубок топливных систем. Оценка также включает в себя идентификацию и оптимизацию математических моделей, применяемых для диагностики НДС расчетными методами, установление масштабных факторов разрушения, сравнительную работу реальных данных и расчетных.

Цель исследования – валидации результатов стендовых и натурных испытаний топливного коллектора с цифровым двойником коллектора, разработанным с применением CAD и CAE.

Список используемых источников:

1. И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич Расчет на прочность деталей машин, 1979 г., 619 с.

2. М.К. Леонтьев, Тензометрирование в авиационных ГТД, 2004 г, 23 с.
3. ОСТ 1.41330-72 – ОСТ 1.41334-72 Монтаж трубопроводов.

Анализ особенностей установки конвертированных ГТД средней мощности в агрегат

Старов В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Виноградов А.С.

Самарский университет, Самара

Многообразие задач топливно-энергетического комплекса привело к развитию большого числа разнообразных конвертированных ГТД малой (мощностью до 30 МВт), средней (30–100 МВт) и большой мощности (свыше 100 МВт). [1]

Примером одной из крупнейших отечественных производителей конвертированных ГТД является компания ПАО «ОДК-Кузнецов». Двигатели марки «НК» используются в разнообразных наземных целях. Например, первый ГТД наземного применения НК-12СТ мощностью 6,3 МВт с КПД 26,1% применяется для привода ГПА с 1974 г. Двигатель был спроектирован на базе самого мощного и надежного ТВД НК-12 в 1970 г. Следующим этапом развития НК-12СТ стала разработка двигателей НК-14СТ разных модификаций; в том числе и НК-14Э и НК-14ЭБР с выносным редуктором. Мощность двигателей составляет 10 и 10,5 МВт, соответственно. КПД вырос до 33%. Двигатели применяются для привода турбогенератора в блочно-модульных электростанциях БГЭС-9,5. [2], [3]

Еще одним крупнейшим производителем является компания АО «ОДК-Авиадвигатель». Изделия семейств ГТУ и ГТЭ нашли применение в разнообразных агрегатах топливно-энергетического комплекса. Например, ГТУ-4ПГ с мощностью на валу силовой турбины 4,3 МВт используется в составе ГПА с 2005 г., а также в качестве привода насосов, компрессоров и т.д. Двигатель разработан на базе Д-30. ГТУ-25П с мощностью 25,6 МВт создана на основе ПС-90А. Применяется в ГПА серии «Урал» с 2004 г. ГТЭ-16ПА и ГТЭ-25ПА, созданные на базе ПС-90А, с мощностью 16,3 и 25,5 МВт, соответственно, используются в качестве приводов электрогенераторов переменного тока в ЭГЭС-16ПА и ЭГЭС-25ПА. [4]

Активно применяются в наземных установках конвертированные ГТД и за рубежом. Например, установка GT-4000 Swiftpack компании «PW Power Systems» мощностью 70 МВт предназначена для применения в качестве резервного источника для прерывистых и нерегулярно возобновляемых источников энергии. Изделие создавалось на базе PW4090.

Вследствие такого разнообразия условий работы конвертированных ГТД, особенностей узлов их крепления, монтажа, транспортировки, обеспечения удобства ремонта и обслуживания агрегатов ГТУ, требования к установке конвертированных ГТД в агрегаты весьма различны.

Приведен анализ конструкции крепления НК-36СТ-32, используемого в качестве привода редуктора на станции по сжатию природного газа. Двигатель имеет мощность 32 МВт, КПД достигает 38%.

В связи с особенностями размещения конвертированного ГТД в составе ГПА, установка реализует принцип модульной конструкции и состоит из модулей газогенератора и свободной турбины.

В процессе выполнения работы необходимо было учесть следующие требования: габаритные размеры ГТД (длина составляет 6124 мм в сборе; диаметр 2200 мм; масса 8690 кг); размеры ГПА (длина бокса 12950 мм; ширина бокса 7000 мм; ширина проема ворот 3194 мм); центрирование (базовая ось для центровки изделия определяется по конструкторским поверхностям с радиальным биением в пределах 0,45–0,65 мм, отличающимся не более чем на 0,1 мм от величин, записанных в паспорте); вибрации (допустимый уровень виброскорости на установившемся режиме составляет 15 мм/с в передней, средней, задней (турбина ГГ) опорах и 20 мм/с в опоре СТ; на переходных режимах – 30 мм/с в указанных опорах); маневренность (в связи с приведенными конструктивными особенностями станции

необходимо обеспечить возможность модульной боковой закатки ГТД в агрегат с помощью съемных универсальных поворотных колес).

Принцип работы поворотных колес заключается в реализации осевой или боковой закатки посредством поворота ручки. Поворот обеспечивается диапазоном в 90 градусов благодаря специальным пазам. После закатки, поворотные колеса поднимаются и модули крепятся к агрегату стационарно. Регулировка колеса в вертикальном положении осуществляется с помощью специального болта.

В ходе работы по модернизации рамы, а также в результате анализа установки конвертированных ГТД в агрегаты, было выявлено, что силовая конструкция рамы требует значительной переработки с целью рационализации конструкции размещения поворотных колес, а также для перераспределения агрегатов с двигателя на станцию; так как исходная серийная компоновка не может в полной мере отвечать современным требованиям.

Список используемых источников:

1. Тепловые и газодинамические расчеты газотурбинных установок: учебно-методическое пособие / О.В. Комаров, В.Л. Блинов, А.С. Шемякин. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 164 с.

2. Марка НК на службе топливно-энергетического комплекса: сборник статей / И.Н. Рыжинский; В.В. Николаев; Л.И. Пешков; М.И. Ключков; А.Д. Чернова. - Самара, ООО «Самара-Авиагаз», 2011. – 171 с.

3. Двигатели НК в небе, в космосе и на земле: энциклопедия двигателей марки «НК» / И.Н. Рыжинский; В.В. Николаев; Л.И. Пешков; М.И. Ключков; А.Д. Чернова. - Самара, ООО «Самара-Авиагаз», 2011. – 128 с.

4. Иноземцев А.А., Харин С.А., Хайрулин Т.Н., Сулимов Д.Д., Снитко М.А., Снитко Т.А., Осипов В., Мищенко С.Б., Ваганова И. Пермские газовые турбины: каталог продукции. – Пермь, АО «ОДК-Авиадвигатель», 2022. – 66 с.

Разработка и изготовление установки для ультразвукового сверления керамических материалов

Тясин А.Ю.

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

МАИ, Москва

Использование высокопрочной керамики (SiC , Si_3N_4) в авиации и космонавтике тесно связано с обеспечением технологической надежности процессов обработки деталей. Детали, изготовленные из высокопрочной керамики, обладают высокой жаропрочностью и жаростойкостью, высокой плотностью и стойкостью к окислению и термическим ударам, и способны работать при температуре 1400-1600°C. Однако обработка таких материалов осложняется из-за высокой хрупкости и твердости, а также низкой пластичности. При обработке отверстий в высокопрочной керамике возникают трудности, такие как высокий износ инструмента и неудовлетворительное качество обработанной поверхности. [1,2]

В настоящее время ультразвуковая обработка находит все более широкое применение при обработке отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов. Ультразвуковая обработка ведется при помощи наложения ультразвуковых колебаний частотой 18-22 кГц на режущий инструмент, что в свою очередь позволяет повысить режимы обработки, снизить износ режущего инструмента и обеспечить необходимое качество поверхностного слоя. Ультразвуковые колебания, действуя на режущий инструмент, снижают динамическое воздействие (силы резания) на инструмент и заготовку, что особенно важно при обработке хрупких неметаллических материалов. [2,3]

Для решения проблемы обработки отверстий в деталях, изготовленных из хрупких неметаллических материалов, была разработана экспериментальная установка для ультразвукового сверления керамических материалов на базе специального сверлильного резьбового ультразвукового станка СУРН-901.

Список используемых источников:

1. Козинер Ю.Д., Кравцов Д.А., Пожидаев А.А. Исследование процесса ультразвукового фрезерования высокопрочной керамики, применяемой для изготовления деталей авиационной и космической техники //Космическая техника и технология. №4(39)/2022 г., с. 22.
2. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с. ил. – (Б-ка технолога).
3. Марков А.И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. Машиностроение, 1-68г., с. 365.

Разработка цифровой модели газовой микротурбины Capstone C30

Ушаков П.В., Опросичев А.А.

Научный руководитель — Молотов И.М.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

В процессе разработки цифрового двойника (ЦД) газовой микротурбины Capstone C30 была разработана модель, ориентированная на проведение комплексного анализа и оптимизацию работы установки. Целью разработки данного цифрового двойника являлось детальное изучение физических процессов, реинжиниринг системы управления, повышение эффективности технического обслуживания, проведении цифровых испытаний, комплексного анализа системы, а также выявление критических зон при работе установки. В докладе рассматривается разработка цифровой модели в проектном режиме работы [1] в условиях частичной нагрузки, а также внедрение технологии обмена данными в реальном времени между цифровой моделью и реальным объектом.

Для выполнения поставленных целей были объединены численная модель ГМТ и физическая установка на отечественной платформе SimInTech, объединяя данные виртуального моделирования и экспериментальные данные в режиме реального времени, была разработана система управления на базе теории конечных автоматов, предложен сценарий пуска агрегатов и элементов установки в пусковых режимах, а также представлено сопоставление результатов моделирования и экспериментальных данных. Создание цифрового двойника (ЦД) проводилось на базе отечественного программного комплекса SimInTech, актуального в условиях санкционных ограничений. В SimInTech решаются одномерные уравнения сохранения энергии, массы и импульса, а также нестационарное уравнение теплопроводности, а газ рассматривается как одномерная нестационарная гомогенная модель течения.

Список используемых источников:

1. Соколов В. П., Молотов И. М., Пыткина Е. А., Опросичев А. А., Ушаков П. В. Разработка цифровой модели газовой микротурбины Capstone C30 //Новое в российской электроэнергетике. – 2024. – №. 9. – С. 16-24.

Секция №2.4 Испытания и сертификация двигателей и энергетических установок

Методика исследовательских испытаний соплового аппарата авиационного двигателя на воздействие вулканического пепла

Акутина М.М.

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

МАИ, Москва

Попадание вулканического пепла в тракт газотурбинного авиационного двигателя (ГТД) в разных количествах может приводить: к абразивной эрозии элементов компрессора, камеры сгорания; отложению составляющих элементов пепла на горячих деталях камеры сгорания (КС), сопловых лопаток турбины; засорению систем охлаждения, масляной, топливной, гидравлической и пневматической систем [1].

На стадии проведения опытно-конструкторских работ предусматриваются исследовательские испытания турбин в обеспечении теплового состояния и газодинамической эффективности [2].

В настоящей работе предлагается к рассмотрению разработанная методика исследовательских испытаний первого соплового аппарата (СА) турбины на примере кольцевых или секторных (модульных) решеток с целью определения расходных характеристик СА.

Важность проведения таких исследований связана с возможностью отложения (прилипания) частиц пепла на лопатках первого соплового аппарата турбины.

Для проведения таких испытаний необходимо использовать следующие исходные данные:

- Частицы вулканического пепла более чем на 50% состоят из кремнезема и в меньших количествах содержат окислы алюминия, железа, кальция и натрия (минеральный состав – вулканическое стекло, плагиоклаз, пироксен, оливин, магнетит) [3].
- Оплавление частиц вулканического пепла начинается с температур близких к 900 °С и происходит интенсивно при температурах 1000...1150 °С, что ниже температур газа в современных ГТД.

Необходимость проведения таких исследований связана с тем, что оплавленные частицы пепла, прилипая к лопатки первого СА турбины частично перекрывают межлопаточное пространство, течение газа искажается и давление перед СА увеличивается, что при значительных отложениях может привести к помпажу компрессора, срыву пламени в КС и невозможности перезапуска двигателя.

Специальные требования к проведению таких исследований представлены в отечественных нормах летной годности (НЛГ) 33 п. 33.203 «Воздействие опасных факторов вулканического облака» [4].

Список используемых источников:

1. Рысин Л.С., Мокроус М.Ф. Вулканический пепел – проблема для газотурбинных двигателей // *Авиационные двигатели*. 2024. № 1 (22). С. 5-10.
2. Учебник 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.
3. Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ/ Международная организация гражданской авиации. Изд. 2-е. ИКАО, 2007. 204 с. Разд. Паг. Doc. 9691, AN/954; Изд. 3-е ИКАО, 2015. 212 с. Разд. паг. Doc. 9691 AN/954.
4. Нормы летной годности двигателей воздушных судов. НЛГ 33 / Федеральное агентство воздушного транспорта. Изд. 1-е. 2022. 80 с.

Концептуальный проект стенда для отработки технических решений для систем БПРД

Анциферова А.С., Иванов Ю.А., Букина О.В.

Научный руководитель — Бобырь Н.П.

НИЦ «Курчатовский Институт», Москва

Безэлектродный плазменный ракетный двигатель (БПРД), который по классификации электрических ракетных двигателей, относится к магнитоплазменным, обладает рядом принципиальных особенностей, отличающих его от других ЭРД. Так, по сравнению с двигателями с замкнутым дрейфом электронов (ДЗДЭ), впервые разработанными в 60-х годах в Советском Союзе и с того времени активно развиваемыми в нашей стране, БПРД имеет следующие особенности, которые должны быть учтены при проектировании испытательных стендов:

- большая мощность (несколько сотен кВт), а следовательно, необходимость принудительного охлаждения стенок вакуумной камеры;
- значительное магнитное поле (до 2 Тл), в связи с чем важным является изготовление всех элементов испытательного стенда из немагнитных материалов.

Для параметрических и фундаментальных исследований разработанных макетов БПРД разной мощности в Национальном исследовательском центре «Курчатовский Институт» создана обширная стендовая база, состоящая из стендов для импульсных испытаний БПРД: Стенд ПС-1 (объем – $V = 2 \text{ м}^3$, суммарная скорость откачки высоковакуумных насосов $S = 8 \text{ м}^3/\text{с}$, мощность БПРД – до 10 кВт), стенд ПН-3 ($V = 5 \text{ м}^3$, $S = 45 \text{ м}^3/\text{с}$, мощность БПРД – до 30 кВт), стенд Е-1 ($V = 3 \text{ м}^3$, $S = 200 \text{ м}^3/\text{с}$, мощность БПРД – до 100 кВт) и стенд для стационарных параметрических и ресурсных испытаний БПРД мощностью до 300 кВт – ПЕРСТ, состоящий из герметично разделенных двигательного ($V = 80 \text{ м}^3$, $S = 40 \text{ м}^3/\text{с}$) и рабочего отсеков ($V = 310 \text{ м}^3$, $S = 350 \text{ м}^3/\text{с}$).

В связи с развитием работ возникла потребность в создании нового стенда для отработки технических решений для систем БПРД. Были определены технические требования для данного стенда: объем не менее 20 м^3 ; цилиндрическая форма, с диаметром не менее 2 м; суммарная скорость откачки высоковакуумных насосов – не менее $100 \text{ м}^3/\text{с}$; принудительное (водяное) охлаждения стенок вакуумной камеры (ВК) для минимизации их нагрева при стационарном режиме работы двигателя.

Необходимо также предусмотреть защиту элементов конструкции крионасосов от потока плазмы. На данный момент прорабатываются две концепции расположения данных элементов. Первая из них – это тепловые ловушки на каждом патрубке крионасосов, как это реализовано на стенде ПЕРСТ, однако такая конструкция значительно «урезает» газовую проводимость системы, а значит повышает остаточное давление в ВК. Другая концепция – это использовать «поглотитель» плазмы в середине ВК, как это воплощено в испытательном стенде El Monstro компании Ad Astra (США). Недостатком данной концепции является громоздкость и недоступность размещения диагностических приборов в область за поглотителем.

Для сравнения влияния данных инженерных решений на значения динамического вакуума на оси вакуумной камеры в программе COMSOL Multiphysics, модуле Free Molecular Flow, был проведен расчет давления при откачке 4 крионасосами с номинальным быстродействием $42 \text{ м}^3/\text{с}$ в случае с 4 тепловыми ловушками на каждом патрубке крионасоса, в случае «поглотителем» плазмы в середине ВК и в случае без защитных конструкций. По результатам численных расчетов на данном этапе проектирования оптимальной с точки зрения динамического вакуума является конфигурация с «поглотителем» плазмы в середине ВК. Однако такое решение требует тщательной конструкторской проработки, так как имеет ряд эксплуатационных неудобств и ограничений.

Для сравнения влияния разного количества крионасосов на значения длины свободного пробега ионов рабочего тела двигателя были проведены расчеты для конфигурации стенда без тепловых ловушек при следующих вариациях системы высоковакуумной откачки: в случае четырех крионасосов на коротких патрубках, расположенных вдоль продольной оси

стенда; для случая четырех крионасосов на угловых патрубках (более длинных), расположенных в одном сечении в «хвосте» ВК; для случая 6 насосов на коротких патрубках и для случая 8 насосов на изогнутых патрубках. Результаты расчета показали, что, как и ожидалось, незначительное увеличение длины патрубков в молекулярном режиме течения газа значительно сказываются на эффективную скорость откачки, а следовательно, на значение динамического вакуума.

В связи с особенностью эксплуатации разрабатываемого стенда, при его проектировании необходимо проработать инженерные решения для охлаждения стенок вакуумной камеры и защиты крионасосов от высокого теплового потока и высокоэнергетичных заряженных частиц из плазменного пучка двигателя. Необходимо не забывать о требуемой степени вакуума в испытательном стенде, так как от данного параметра зависит длина свободного пробега ионов, а значит возможность диагностики плазменного пучка.

На данном этапе разработки стенда было проведено трехмерное моделирование процесса откачки и были получены распределения давления во всех рассматриваемых случаях. На основе данных результатов моделирования и итогов аналитических расчетов был сделан вывод об оптимальной с точки зрения динамического давления конфигурации испытательного стенда.

Список используемых источников:

1. Franklin R. Chang Diaz. et al. Recent Progress on the VASIMR® Engine // 37th International Electric Propulsion Conference Massachusetts Institute of Technology • Cambridge, MA • USA June 19 – 23, 2023 37th International Electric Propulsion Conference Massachusetts Institute of Technology • Cambridge, MA • USA June 19 – 23, 2022.

2. Вакуумная техника: справочник / К.Е.Демихов, Ю.В.Панфилов, Н.К.Никулин и др.; В 14 под общ ред. К.Е.Демихова, Ю.В. Панфилова, 3-е издание, перераб. И доп. / М: Машиностроение, 2009. 905с. – ISBN 978-5-94275-436-5 – УДК 621.52.

Определение токов утечки ФЭП

Грабовский И.И.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Предложен метод определения токов утечки фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) высоковольтных солнечных батарей (БС) космических аппаратов (КА) под действием плазмы стационарного плазменного двигателя СПД-100. Численно определены вольт-амперные характеристики на контактной дорожке ФЭПа. Установлена связь аналитической и численной модели поведения электрода в плазме.

Современные тренды проектирования космических аппаратов (КА) направлены на снижение удельной массы систем электропитания (СЭП) и увеличение срока активного существования при расширении спектра выполняемых задач на орбите Земли. Растут и электрические мощности, необходимые для питания КА. Для увеличения мощности СЭП при одновременном уменьшении их массы требуется увеличение характерных рабочих напряжений БС до 100 и более Вольт, что превращает такие батареи в – высоковольтные солнечные батареи. Однако повышение напряжения влечет за собой увеличение рисков возникновения электроразрядных явлений, которые могут привести к частичному и даже полному выходу БС из строя.

Кроме того, практически все современные КА, имеют на борту электроракетную двигательную установку, с плазменным или ионным электроракетным двигателем (ЭРД). Так как, потенциал высоковольтной солнечной батареи становится сопоставим с потенциалом ускоряющего электрического поля ЭРД, то часть ускоренных, и наиболее медленных, ионов двигателя стремится попасть на батареи, что провоцирует деградацию их свойств со временем и приводит к общему снижению ресурса КА. Поэтому для оценки влияния плазмы ЭРД на солнечные батареи был продолжен аналитико-численный метод нахождения тока приходящих из плазмы на ФЭП батарей ионов.

Сущность метода заключается в численном моделировании не всего блока солнечных батарей космического аппарата под действием плазмы двигателя, а только одной дорожки

ФЭПа в трех ключевых точках батареи, для снижения вычислительной мощности до уровня практического использования при проектировании КА, на расстояниях 1, 5 и 10 метров от двигателя. Полученные в результате такого моделирования токи при заданных разностях потенциалов между корпусом КА и дорожкой ФЭПа в 0, 100 и 300 В, позволяют построить вольт-амперную характеристику дорожки ФЭПа на каждом из удалений от двигателя. Итоговая зависимость обобщается на весь блок солнечных батарей, и позволяет уже без моделирования, используя только граф-аналитический вид вольт-амперной характеристики понимать характерный ток утечки на ФЭП и соответственно оценивать степень влияния плазмы на батарею.

Для установки соответствия полученных численных данных с теорией электрических зондов в плазме, сравниваются значения концентраций ионов, невозмущенного внешним электрическим полем электрода, и полученные методом аналитического пересчета, согласно уравнениям ленгмювского зонда в плазме [1] тока утечки в концентрацию ионов невозмущенного потока. Установленная аналитико-численная зависимость позволяет судить о точности применения зондовой теории к расчетам ФЭПов под действием плазмы ЭРД.

В качестве расчетной численной модели использовался метод PIC (parti-cle-in-cell) и численный программный пакет для моделирования воздействия плазмы на КА SPIS (Spacecraft Plasma Interaction Software).

По результатам проведенной работы численным методом построены вольт-амперные характеристики ФЭПа, позволяющие аналитически определить токи ионов перезарядки приходящихся на солнечную батарею в зависимости от удаления от ЭРД.

Список используемых источников:

1. Козлов О.В. «Электрический зонд в плазме». М. Атомиздат, 1969. 292 с.

Анализ применимости газовых эжекторов в испытательных стендах ГТД

Груздев И.Н., Голованов М.О., Николаев А.Н.

Научный руководитель — Кашеев И.С.

МАИ, Москва

Стремительное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и их внедрение в различные сферы деятельности, так же требует развития многих компонентов. Одним из основных является силовая установка. Однако разработка и испытания газотурбинных двигателей (ГТД) сложный процесс. Ключевым этапов которого являются высотные испытания. Они проводятся с целью подтверждения заявленных характеристик двигателя, в условиях отличных от стандартных атмосферных. Наземные испытательные стенды, оснащенные термобарокамерой (ТБК), дают возможность моделировать подобные условия без использования летающих лабораторий. В работе рассматривается применение однофазного газового эжектора для создания разряжения, соответствующего различным высотам, в зоне за соплом ГТД. Известно, что подобные системы показывают хорошую эффективность в узком диапазоне, что не удовлетворяет требованиям испытаний в широком интервале высот и при различных показателях тяги. В качестве решения данной проблемы предлагается использование эжектора с изменяемой геометрией газового тракта. В работе представлены основные этапы создания математической модели с последующей оптимизации её геометрии. Для этих целей был использован программный комплекс ANSYS CFX. Полученные в ходе исследования данные позволяют определить перспективность и целесообразность применения регулируемых эжекторов для создания разряжения в термобарокамерах при испытании авиационных двигателей в сравнении с альтернативными подходами, используемыми для этих целей.

Список используемых источников:

1. Кузнецов В. И., Макаров В. В. МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУЙНОГО ЭЖЕКТОРА // Вестник Концерна ВКО Алмаз-Антей. 2022. №4 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-rascheta-geometrii-i-termodinamicheskikh-harakteristik-struynogo-ezhekтора> (дата обращения: 25.02.2025).

2. Пономарев Николай Николаевич Выбор схемы оптимального газового эжектора при условии постоянства скорости на выходе // Труды Крыловского государственного научного центра. 2017. №2 (380). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-shemy-optimalnogo-gazovogo-ezhektora-pri-uslovii-postoyanstva-skorosti-na-vyhode> (дата обращения: 25.02.2025).

Исследование параметров истекающего плазменного потока макета геликонного двигателя с ВТСП магнитной системой

Гусев С.С., Костриченко И.А., Чечуро В.В.

Научный руководитель — Брагин Е.Ю.

МИФИ, Москва

В последние годы возросла актуальность поиска альтернатив химическим ракетным двигателям для межпланетных полетов. Электрические ракетные двигатели (ЭРД), среди которых наиболее перспективными являются безэлектродные плазменные ракетные двигатели (БПРД), могут решить эту проблему. БПРД, в отличие от ионных и Холловских двигателей, обладают более высокой удельной мощностью и меньшими ограничениями, что делает их подходящими для межпланетных миссий. Однако при мощностях менее 100 кВт ионные и Холловские двигатели предпочтительнее. В этом контексте геликонный плазменный ракетный двигатель (ГПРД) представляет собой потенциального конкурента благодаря высокой плотности мощности, слабой чувствительности к сорту рабочего тела, высокому коэффициенту использования рабочего тела и большому ресурсу работы.

Целью данной работы является исследование процессов в геликонном плазменном ракетном двигателе для повышения его эффективности. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: измерение параметров истекающего плазменного потока (плотность и электронная температура, полный ионный ток, средняя энергия ионов, тяга) в зависимости от параметров разряда (расход рабочего газа, величина индукции магнитного поля) и оценка основных параметров двигателя (коэффициент использования рабочего тела, удельный импульс).

Исследование проводилось на стенде ПН-3, расположенном на территории НИЦ «Курчатовский институт». Стенд ПН-3 включает в себя большое разнообразие диагностических устройств [1]. Используемые диагностики: подвижный двойной зонд, сеточный энерго-анализатор, тензометрический тягомер.

Исследование включает в себя экспериментальное измерение радиального распределения электронной температуры, ионной плотности, тяги и средней энергии ионов при различных условиях (рабочий газ: Аг, расход газа: 8,5 мг/с, магнитное поле: 0,5 Тл, вводимая мощность: ~10 кВт, частота: 10 МГц).

Результаты эксперимента показали радиальные распределения ионного тока насыщения и электронной температуры плазмы, а также зависимости полного плазменного тока, электронной температуры и плотности ионов от расхода рабочего газа и величины магнитной индукции. Максимальное значение коэффициента использования рабочего тела (КИРТ) составило около 0,7. Средняя энергия ионов достигала максимума в 90 эВ, а максимальная тяга составила 200 мН с удельным импульсом 1100 секунд. Полученные параметры могут быть значительно улучшены за счет оптимизации конструкции макета двигателя и режимов его работы.

Список используемых источников:

1. Брагин Е.Ю., Бунин Е.А., Гусев С.С. и др. Разработка диагностического комплекса для исследования плазменных процессов в магнитном сопле макета безэлектродного плазменного ракетного двигателя // Приборы и техника эксперимента. — 2024. — № 4. — С. 129–142.

2. Жильцов В.А., Кулыгин В.М. Термояд и космос // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез. — 2018. — Т. 41, № 3. — С. 5.

3. Bering E.A., III, Longmier B.W., Glover T.W. et al. High Power Electric Propulsion Using VASIMR: Results From Flight Prototypes // 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. — Orlando, FL, USA, 2009. — AIAA Paper 2009-245. — 18 p.

4. Boswell R.W. Very Efficient Plasma Generation by Whistler Waves Near the Hybrid Frequency // Plasma Physics and Controlled Fusion. — 1984. — Vol. 26. — P. 1147–1152.
5. Chen F.F. Helicon Discharges and Sources: A Review // Plasma Sources Science and Technology. — 2015. — Vol. 24, no. 1. — P. 014001. — DOI: 10.1088/0963-0252/24/1/014001.

Расчет параметров плазмы высокочастотного ионного двигателя с дополнительным постоянным магнитным полем

Данилов М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хартов С.А.

МАИ, Москва

Электроракетные двигатели являются неотъемлемой частью перспективных космических аппаратов и могут выполнять в них функции коррекции орбиты и функций маршевого двигателя. Сравнительно большой удельный импульс выгодно отличает данный вид ракетных двигателей от других, что позволяет увеличить массу полезной нагрузки космического аппарата (КА) [1]. На данный момент, наиболее распространенными ЭРД являются двигатели с электростатическим механизмом ускорения: стационарные плазменные двигатели (СПД) и сеточные ионные двигатели (ИД).

В России разрабатывается два вида сеточных ИД с различными механизмами ионизации в газоразрядной камере (ГРК): ионные двигатели с ионизацией в разряде постоянного тока (ИДПТ) и ионные двигатели с ионизацией в безэлектродном разряде – высокочастотные ИД (ВЧИД).

ГРК с разрядом постоянного тока обладают большей эффективностью ионизации, чем с высокочастотным разрядом, но использование индуктивного высокочастотного разряда позволяет избавиться от необходимости размещения катода-эмиттера внутри объема ГРК, что исключает возможность его ионного распыления, увеличивая ресурс двигателя. Кроме того, переход к высокочастотной схеме позволяет не беспокоиться о чистоте рабочего тела (ксенона), появляется возможность использования практически любого рабочего тела. Последняя особенность позволяет использовать индукционный высокочастотный разряд в прямоточных ЭРД низкоорбитальных КА, где рабочим телом выступает остаточная атмосфера вокруг аппарата.

Большую роль в процессе работы ВЧИД играет процесс амбиполярной диффузии. Суть процесса состоит в том, что электроны, обладающие большей подвижностью, чем ионы, более активно перемещаются от центра ГРК к её периферии. Возникающее из-за разности концентраций заряженных частиц электрическое поле ускоряет ионы и тормозит электроны. В результате коэффициент диффузии ионов увеличивается в 2 раза в сравнении с коэффициентом диффузии электронов для случая отсутствия электронной компоненты [2]. Ионы, достигающие стенки, рекомбинируют на ней и требуют повторной ионизации.

В работах [2], [3] и [4] было показано, что для снижения влияния процесса амбиполярной диффузии можно использовать постоянное магнитное поле. Замагнитненные электроны дрейфуют вдоль поверхности стенки ГРК, совершая движение в направлении стенки по большей части в результате столкновений с нейтральными атомами. Коэффициент диффузии электронов снижается. Скорость движения ионов по направлению к стенке, следующих за электронами уменьшается. Снижаются потери ионов на стенках. Снижается цена иона.

Стоит отметить, что дополнительное постоянное магнитное поле также влияет на процесс поглощения электромагнитной волны, независимо от концентрации электронов в конкретной точке ГРК. При расчете поведения плазмы необходимо учитывать как снижение коэффициента амбиполярной диффузии, так и названный в текущем абзаце фактор.

Для расчета параметров плазмы с учетом дополнительного магнитного поля использовалась расчетная модель, изложенная в работе [1]. Недостатком данной модели является использование эмпирических коэффициентов при расчете температуры электронов. Модифицированная в данной работе модель при расчете температуры электронов использует решения уравнения движения для электрона в переменном электрическом и

постоянным магнитном полях. Модернизация модели позволила использовать её для расчета параметров плазмы ГРК различных диаметров (50-200 мм) при различных величинах силы тока в магнитной системе и различных расходах рабочего тела. Валидация расчетной модели была проведена с помощью экспериментальных данных для ГРК ВЧИД-8, изложенных в работе [1].

Список используемых источников:

1. Мельников А. В. Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем: дис. канд. техн. наук: 05.07.05. – М., 2019. – 157 с.
2. Чен Ф. Введение в физику плазмы. – М.: Мир. – 1987.
3. Александров А.Ф., Бугров Г.Э., Вавилин К.В., Керимова И.Ф., Кралькина Е.А., Павлов В.Б., Плаксин В.Ю., Рухадзе А.А. Исследование индуктивного ВЧ разряда, как самосогласованной системы. II. Исследование параметров плазмы и эффективности поглощения ВЧ мощности плазмой индуктивного ВЧ разряда низкого давления. // Прикладная физика. – 2005. – №5. – С. 72-78.
4. Александров А.Ф., Бугров Г.Э., Вавилин К.В., Керимова И.Ф., Кралькина Е.А., Павлов В.Б., Плаксин В.Ю., Рухадзе А.А. Исследование индуктивного ВЧ разряда, как самосогласованной системы. V. Результаты исследования эквивалентного сопротивления индуктивного ВЧ разряда низкого давления при наличии внешнего магнитного поля. // Прикладная физика. – 2006. – №4. – С. 54-59.

Упрощенная математическая модель нейтрализатора на базе высокочастотного разряда

Демченко Д.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хартов С.А.

МАИ, Москва

Обычно нейтрализация заряда пучка ионов, истекающего из высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД), обеспечивается полым катодом. Полый катод является источником электронов и именно ресурс его работы ограничивает общий ресурс работы ионного двигателя, который обычно превышает 20000 ч. При использовании традиционного катода основным плюсом является высокая плотность электронного тока при сравнительно низкой потребляемой мощности, однако эмиттирующий элемент чувствителен к чистоте рабочего тела и наличие примесей активных газов, что кроме испарения эмиттера, может привести к быстрому выходу катода из строя. Также перед включением необходимо обеспечить предварительный прогрев катода. Исходя из вышеописанного использование полых катодов требует строгого контроля в течении всего времени его активного существования [1-4].

Для решения этой проблемы предлагается использовать нейтрализатор на базе высокочастотного разряда, который лишен недостатков полых катодов. Для оценки высокочастотных нейтрализаторов (ВЧН) была адаптирована упрощенная инженерная математическая модель высокочастотного разряда.

Для стабильной работы двигательной установки ВЧН должен обеспечивать ток эмиссии электронов не меньше этой величины, с которой должен работать ВЧИД. Принцип действия ВЧН несколько похож на принцип действия ВЧИД. В отличие от двигателя, нейтрализатор не требует системы сеток, а может работать с использованием простого отверстия. Для выполнения условия квазинейтральности плазмы внутри разрядной камеры нейтрализатора должен быть поглощен ионный ток, равный по абсолютной величине извлеченному электронному току. Для этой цели в камеру вставляется проводящий ионный коллектор. Это не обязательно должен быть металлический коллектор. Допустимо использовать материалы на основе углерода. Выбор материала влияет на потери на вихревые токи и срок службы нейтрализатора из-за распыления и, в случае химически активных газов, из-за дополнительной коррозии коллектора. Нейтрализатор может работать в двух режимах, которые можно различить по связи между анодом и коллектором. Если ток, поглощаемый коллектором, зависит от напряжения, приложенного к аноду, присутствует так называемый дуговой режим. Если это не так, режим работы называется диффузионным режимом.

Расчёт ВЧН производился в осесимметричном приближении с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics и включал в себя следующие этапы:

1. Построение упрощённой геометрии основных элементов конструкции рассматриваемого ВЧН.

2. Внесение исходных данных для расчёта (частоты и силы тока в индукторе, температуры поверхности внутренней стенки разрядной камеры и коллектора, массовый расход рабочего тела (РТ).

3. Создание адаптивной сетки конечных элементов.

4. Проведение физико-математических расчётов параметров плазмы и интегральных характеристик.

В рамках настоящей работы была рассмотрена экспериментально исследованная лабораторная модель ВЧН с диаметром разрядной камеры 40 мм.

Непосредственно в процессе моделирования решалось четыре связанных подзадачи:

1. Расчёт электромагнитного поля индуктора ВЧН.

2. Расчёт распределений концентрации атомов и ионов РТ (ксенона) по объёму РК ВЧН.

3. Определение эффективной температуры электронов в РК ВЧН.

4. Оценка интегральных характеристик ВЧН.

Расчёты в COMSOL Multiphysics показали удовлетворительную сходимость результатов с экспериментальными данными. Таким образом представленную инженерную математическую модель можно использовать для предварительного выбора параметров и геометрических размеров ВЧН при проведении дальнейших исследований.

Список используемых источников:

1. Горшков О.А., Муравлёв В.А., Шагайда А.А. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов. М.: Машиностроение, 2008. 278 с.

2. Goebel Dan M., Katz Ira. Fundamentals of electric propulsion: Ion and Hall Thruster. JPL Space Science and Technology Series. Jhon Wiley & Sons, 2008 508 p.

3. Важенин Н.А., Обухов В.А., Плохих А.П., Попов Г.А. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов и их влияние на радиосистемы космической связи. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 432 с.

4. Shabshelowitz A. Study of RF Plasma Technology Applied to Air-Breathing Electric Propulsion. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Aerospace Engineering) in the University of Michigan. 2013. 188 p.

Актуализация ресурсных испытаний в обеспечении безопасности полетов летательных аппаратов

Денисова В.Я.

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

МАИ, Москва

Цель работы: Современные летательные аппараты должны выдерживать различные нагрузки, включая динамические и статические. Актуализация методик испытаний позволит более точно оценивать прочность и устойчивость конструкций.

Ресурсные испытания летательного аппарата (ЛА) — это комплекс мероприятий, направленных на оценку прочности, надежности и безопасности конструкции самолета в различных условиях эксплуатации. Эти испытания играют ключевую роль в процессе проектирования и сертификации авиационной техники, обеспечивая соответствие строгим требованиям безопасности и качества.

Рассмотрим тему актуализации ресурсных испытаний в обеспечении безопасности полетов на примере пассажирского самолета Sukhoi Superjet 100.

Ресурсные испытания являются критически важным элементом для обеспечения безопасности полетов Sukhoi Superjet 100. Они позволяют выявить потенциальные слабые места конструкции и гарантировать надежность самолета в различных эксплуатационных условиях, а также оптимизировать сроки службы компонентов. Для Sukhoi Superjet 100 это

может включать тестирование новых композитных материалов, которые обеспечивают большую прочность и легкость, что критично для повышения топливной эффективности.

В условиях стремительного развития авиационных технологий необходимо регулярно обновлять методики ресурсных испытаний. Например, внедрение новых стандартов, таких как ISO 9001 и EN 9100. Так, например, сертификация по стандарту EN 9100 позволяет системно управлять качеством, безопасностью и стабильностью процессов, а также подтверждает соответствие всемирно признанным сертификатом, выданным независимым органом. Преимущество сертификации по EN 9100 перед ИСО 9001 состоит в том, что в первом случае идет упор на управление рисками, т.е. включение строгих требований к управлению рисками, что позволяет более эффективно идентифицировать и минимизировать угрозы, критичные для безопасности, а также EN 9100 имеет иные требования к документированию. Стандарт требует детального документирования процессов, что способствует лучшему контролю качества и повышению прозрачности.

Современные ресурсные испытания охватывают широкий спектр аспектов, включая статические и динамические нагрузки, термические циклы и вибрационные испытания. Например, для Sukhoi Superjet 100 проводятся испытания на устойчивость к вибрациям, что позволяет оценить поведение конструкции в реальных условиях эксплуатации.

Компьютерное моделирование: Применение компьютерного моделирования, например, с использованием программного обеспечения ANSYS или Abaqus, позволяет более точно прогнозировать поведение материалов и конструкций под воздействием различных нагрузок. Это критически важно для выявления потенциальных проблем на этапе проектирования Sukhoi Superjet 100.

Результаты ресурсных испытаний играют ключевую роль в проектировании новых летательных аппаратов. Внедрение современных технологий, таких как искусственный интеллект и анализ больших данных, значительно повышает эффективность ресурсных испытаний. Например, использование AI для анализа данных испытаний Sukhoi Superjet 100 позволяет быстрее выявлять аномалии и улучшать процессы.

Повышение качества ресурсных испытаний напрямую влияет на уровень безопасности в авиации. Успешные испытания Sukhoi Superjet 100 могут повысить доверие к новому самолету со стороны авиакомпаний и пассажиров, что важно для его коммерческого успеха. Для поддержания высоких стандартов безопасности необходимо постоянное обновление методик и технологий ресурсных испытаний. Это требует активного участия всех заинтересованных сторон, включая производителей, научные учреждения и авиационные власти. Важно наладить сотрудничество между научными учреждениями, производителями и авиационными властями. Например, совместные проекты по ресурсным испытаниям между различными организациями могут привести к внедрению лучших практик и повышению общей безопасности полетов.

В заключение, ресурсные испытания являются неотъемлемой частью обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов. Актуализация методик и подходов к проведению этих испытаний позволит выявлять и устранять потенциальные проблемы, что в конечном итоге повысит уровень безопасности в авиации.

Список используемых источников:

1. ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. Международная организация по стандартизации (ISO).
2. EN 9100:2018. Системы менеджмента качества. Требования к организациям, занимающимся проектированием и производством авиационной, космической и оборонной продукции. Европейский комитет по стандартизации (CEN).
3. Sukhoi Superjet 100: Technical Specifications. Официальный сайт компании Sukhoi.
4. Risk Management in Aviation. International Civil Aviation Organization (ICAO).

Разработка системы управления охраной труда и промышленной безопасностью при производстве стеклянных жидкостных вибростойких авиационных термометров

Ильиных И.Р.

Научный руководитель — Бурова А.Ю.

МАИ, Москва

В данной работе проанализированы существующие риски и опасности, связанные с производством стеклянных жидкостных термометров, включая использование высоких температур, химических веществ и стекла, что представляет угрозу для здоровья работников. Была разработана система управления охраной труда (СУОТ) на основе стандарта ISO 45001, направленная на минимизацию рисков, улучшение условий труда и обеспечение соответствия международным стандартам.

Целью работы стало создание СУОТ для предприятий, производящих стеклянные жидкостные термометры, с целью снижения травматизма и профессиональных заболеваний. В рамках работы были разработаны политика в области охраны труда и промышленной безопасности, а также процедуры для идентификации, оценки и управления рисками. Проведено обучение персонала и повышение осведомленности в области охраны труда, что способствует улучшению культуры безопасности на предприятии.

Для разработки СУОТ использовались требования стандарта ISO 45001, а также методы анализа рисков, такие как HAZID и HAZOP. Была разработана необходимая документация, включая политики, процедуры и инструкции, а также проведены аудиты для оценки эффективности системы.

Результаты этой разработки СУОТ позволят достичь значительных улучшений: количество инцидентов и несчастных случаев может сократиться на 30% в течение первого года, повысится уровень осведомленности сотрудников о требованиях охраны труда, а также будет обеспечено соответствие международным стандартам, что откроет новые возможности для экспорта продукции.

Кроме того, в работе были проведены испытания и сертификация оборудования, используемого в производстве, что подтвердило его безопасность и соответствие требованиям стандартов. Это позволит дополнительно снизить риски, связанные с эксплуатацией оборудования, и повысить надежность производственных процессов.

Разработка СУОТ на основе ISO 45001 доказала свою эффективность как инструмент повышения безопасности на производстве. Разработанная система может быть адаптирована для других предприятий стекольной промышленности. Дальнейшее развитие системы предполагает автоматизацию процессов управления рисками и интеграцию с другими системами менеджмента, такими как ISO 9001 и ISO 14001, что позволит создать единую платформу для управления качеством, охраной труда и экологической безопасностью.

Список используемых источников:

1. Разработка системы управления охраной труда и промышленной безопасностью при производстве стеклянных жидкостных авиационных термометров.
2. ISO 45001:2018. Системы управления охраной труда. Требования и руководство по применению.
3. Методы анализа рисков HAZID и HAZOP: руководство по применению в промышленности.
4. ГОСТ Р 12.0.009-2009. Системы управления охраной труда в организациях.
5. Руководство по интеграции систем менеджмента ISO 9001, ISO 14001 и ISO 45001.

Применение метрологических 3D-сканеров в контроле и испытаниях

Истомин М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

Доклад посвящен использованию 3D-сканирования метрологическим 3D-сканером для изготовления деталей двигателей и газотурбинных установок с повышенным качеством, надежностью и эффективностью.

Представлены преимущества использования 3D-сканирования. Описаны ключевые области применения 3D-сканирования, включая контроль качества на производстве, анализ деформаций и износа, а также реинжиниринг и восстановление поврежденных компонентов произведенных деталей. Особое внимание уделено повышению эффективности и сокращению времени, затрачиваемого на производство измерений характеристик изделий [1].

Высокая точность изготовления, сборки и эксплуатации компонентов деталей напрямую влияет на их производительность, срок службы и безопасность. Применение метрологического 3D-сканирования позволяет существенно повысить эффективность процессов контроля и испытаний, обеспечивая высокую точность и скорость получения данных о форме и размерах деталей [2].

Автоматическое сканирование деталей позволяет выявлять отклонения от проектных размеров, поверхностные дефекты и несоответствия требованиям. Особое внимание уделяется контролю геометрии критических элементов, таких как лопатки турбин и камеры сгорания, что позволяет предотвратить брак и повысить надежность оборудования, определять критические точки конструкции и оптимизировать ее параметры. Так же 3D-сканирование позволяет фиксировать износ детали.

При 3D-сканировании поврежденных деталей создаются точные цифровые модели для реинжиниринга и восстановления. Это позволяет изготавливать новые детали по точным копиям оригиналов, даже в случае утери или отсутствия документации на деталь [3].

Точность измерений до 0,01мм, позволяет обнаруживать дефекты и отклонения, что существенно повышает надежность и снижает вероятность повреждений двигателей. Высокая скорость измерений значительно сокращает время контроля и испытаний, повышая производительность всего процесса.

Бесконтактное измерение с помощью 3D-сканера исключает возможность повреждения поверхности исследуемых хрупких или дорогостоящих деталей со сложной геометрией; минимизирует вероятность ошибок операторов и повышает воспроизводимость результатов.

Развитие технологий 3D-сканирования открывают широкие возможности для улучшения характеристик изделий и снижения эксплуатационных затрат.

Список используемых источников:

1. Лобза А.А., Васянина А.Ю., Ермоленко Д.А., Лобза В.С. «Бесконтактные методы 3D-контроля геометрических параметров узлов и агрегатов жидкостных ракетных двигателей» СибГУ им. М. Ф. Решетнёва, Красноярск, Российская федерация.
2. Брич И.А. «КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕНОСНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ 3D-СКАНИРОВАНИЯ» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.
3. Петров Н.В., Нозирзода Ш.С., Петрова Е.Д. «Применение технологий 3D-сканирования в реверсивном инжиниринге корпусных деталей» НГУ им. Ярослава Мудрого, Новгород, Российская федерация.

Диагностический комплекс для исследования параметров плазменного потока в магнитном сопле макета БПРД на стенде Е-1

Ишков Т.А., Шевцов Е.А.

МИФИ, Москва

В данный момент в НИЦ «Курчатовский институт» на стенде Е-1 проводятся работы по оптимизации плазменных параметров в магнитном сопле макета БПРД-100.

БПРД-100 представляет собой лабораторный макет безэлектродного плазменного ракетного двигателя [1]. Макет состоит из следующих ключевых элементов. Геликоновый источник на частоте 13,56 МГц с мощностью до 30 кВт используется для получения холодной плазмы [2]. В блоке ионно-циклотронного резонансного нагрева на частоте 0,5 МГц с мощностью до 70 кВт происходит увеличение вращательной энергии ионов [3]. Далее плазма попадает в магнитное сопло, в котором происходит преобразование вращательной энергии ионов в энергию продольного движения. Целевыми параметрами макета БПРД-100 являются тяга до 3 Н, удельный импульс до 5000 с, при использовании аргона в качестве рабочего тела. В проектной конструкции макета предусмотрена магнитная система на высокотемпературных проводниках второго рода с магнитным полем до 1,5 Тл.

В данный момент на стенде Е-1 ведутся работы по модернизации макета. Проводится оптимизация вклада ВЧ мощности в плазму. Испытываются различные конфигурации напуска газа, а также магнитного поля. Для оценки влияния внесенных изменений на процессы в магнитном сопле требуется проводить измерения ряда локальных плазменных и интегральных потоковых параметров.

Для этих целей разработаны и введены в эксплуатацию следующие средства диагностики. Тягомер, представляющий собой тензодатчик балочного типа в конструкции которого предусмотрена возможность установки различных мишеней, линейка плоских зондов, зонд Фарадея, представляющий собой плоский зонд с охранным кольцом, одиночный сеточный анализатор. Также в данный момент вводится в эксплуатацию линейка сеточных анализаторов.

В работе приводится описание разработанных средств диагностики. Представлены результаты обработки и анализа экспериментальных данных, полученных при помощи диагностического комплекса, и продемонстрированы возможности для проведения дальнейших исследований основных параметров двигателя, таких как тяга, удельный импульс, эффективность использования рабочего тела, КПД преобразования ВЧ мощности в мощность тяги.

Список используемых источников:

1. Жильцов В. А., Кулыгин В. М. Термояд и космос //ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. – 2018. – Т. 41. – №. 3. – С. 5.
2. Господчиков Е. Д., Тимофеев А. В. О возбуждении геликонов токовыми антеннами //Физика плазмы. – 2017. – Т. 43. – №. 6. – С. 538-547.
3. Тимофеев А. В. О ВЧ-нагреве неоднородной столкновительной плазмы в условиях ИЦР //Физика плазмы. – 2015. – Т. 41. – №. 11. – С. 946-954.

Применение шумомеров при испытаниях ДЛА

Калагов Д.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

Доклад посвящен использованию интегрирующего шумомера, виброметра и анализатора спектра «Экофизика-110А», при испытаниях авиационных двигателей.

Представлены преимущества использования данного средства измерения. Описаны ключевые области применения СИ, включая контроль шумового загрязнения на производстве. Особое внимание уделено повышению эффективности борьбы с авиационным шумом, с целью уменьшения вредоносного воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

Высокая точность измерения шума при создании и во время сертификационных испытаний ДЛА позволяет изготавливать не только высокотехнологичную, но и экологически безопасную продукцию в авиационной отрасли. А совмещение шумомера, виброметра и анализатора спектра в одном СИ, позволяет проводить несколько видов измерений в течении короткого промежутка времени, без привлечения дополнительных сил и ресурсов.

Интеграционный метод и автоматическое внесение результатов измерений в цифровую память СИ, позволяет выявлять и отслеживать отклонения шума от нормы, на всех этапах жизненного цикла ДЛА и энергетических установок.

Средство измерения «Экофизика-110А» обладает первым классом точности, что дает возможность осуществлять прецизионные замеры уровня шума, вибрации и спектрального излучения.

Неоспоримым преимуществом «Экофизика-110А» является наличие канала телеметрии: дистанционное управление обеспечивает необходимую точность работ, в опасной среде, не подвергая опасности жизнь специалиста.

Развитие антивибрационных, противозумных технологий позволит в скором будущем превратить авиационную промышленность в высокотехнологичную и не представляющую серьезной опасности для экологии планеты отрасль.

Список используемых источников:

1. Методические указания МУК 4.3.3722-21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 27 декабря 2021 г.).
2. ГОСТ 17187-2010 (ИЕС 61672-1:2002) Шумомеры.
3. Самохин В.Ф., Картовицкий Л.Л. «Шум самолетов и двигателей. Учебное пособие».

Выбор метода и средств измерения температуры поверхности рабочих лопаток турбины авиационного двигателя

Лесницкая А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Целью данной работы является анализ существующих методов и средств измерения температуры, а также определение наиболее подходящих решений для обеспечения точности и надежности данных о температуре лопаток турбины. В результате исследования будет предложен обоснованный выбор метода, который позволит эффективно контролировать температурные режимы и повысить безопасность эксплуатации авиационных двигателей.

При проведении исследовательских испытаний, на этапе опытно-конструкторских работ, особое внимание уделяется к уровням рабочих нагрузок и требованиям прочности рабочих лопаток (РЛ) первой ступени турбины газотурбинного двигателя.

Уровень перегрузки РЛ ротора высокого давления на рабочих режимах составляет величину порядка 105, а температура поверхности охлаждаемой РЛ из жаропрочного сплава достигает значений порядка 1300 К. При воспроизведении таких многофакторных нагрузок РЛ должна надежно работать в газовой среде с температурой около 200К [1].

Решение задач по усовершенствованию авиационных двигателей связано с наличием разных методов и аппаратуры рабочих лопаток турбины ГТД.

Наиболее распространенными методами измерения температуры РЛ турбин ГТД являются:

- контактный метод (термопары);
- термоиндикаторный метод (термопокрытия);
- метод математического моделирования (CAD-системы);
- бесконтактный метод (пирометрия) [2].

Анализируя особенности использования перечисленных методов измерения высоких температур при проведении многофакторного нагружения (обороты ротора высокого давления порядка 12000 об/мин) РЛ турбины необходимо подобрать измерительные средства, отвечающие предъявленным метрологическим требованиям [4].

В работе был выбран метод измерения температуры поверхности РЛ турбины и приведено обоснование выбора из существующих средств измерения температуры в сложных условиях эксплуатации.

Список используемых источников:

1. «Роль и место экспериментальных исследований при создании перспективных авиационных двигателей», В.И. Бабкин, В.И. Солонин. Научно-технический журнал «Двигатель» №4(100) 2015 г.
2. «Измерение температуры газа на рабочих лопатках турбины высокого давления при стендовых испытаниях газогенератора», А.А. Церетели, А.А. Ельшин Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, г. Москва.
3. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. 3-е изд., перераб. М.: Энергия, 1978. 704 с.
4. «Установки газотурбинные. Методы испытаний» ГОСТ 20440-75.

Зондовые характеристики двигателя с анодным слоем на реактивных газах

Мех А.С., Анциферов Д.А.

Научный руководитель — Рязанов В.А.

МИГУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В настоящее время для низкоорбитальных спутниковых систем связи, навигации и в других областях рассматривается возможность снижения высоты орбит [1], что позволит повысить эффективность работы спутниковой бортовой регистрирующей аппаратуры. Так, например, эксплуатация таких сверхнизких орбит позволит обеспечить лучшее разрешение изображений и меньшую задержку сигналов телеметрии. В то же время без регулярной работы двигателя КА будет терять высоту вследствие его торможения об остаточную атмосферу Земли. В связи с необходимостью увеличения срока службы активного существования КА на низкой околоземной орбите (НОО) и сверхнизкой околоземной орбите (СНОО) в последние годы наблюдается возросшая активность исследований в области электрических ракетных двигателей (ЭРД), работающих на заборном воздухе [2].

В работе было проведено исследование работы лабораторной модели ЭРД с замкнутым дрейфом электронов на реактивных газах. Выбор рабочего тела обусловлен тем, что на СНОО концентрация частиц атомарного кислорода, молекулярного кислорода и молекулярного азота превалирует над остальными веществами остаточной атмосферы [3]. Целью работы было получение распределения ионов по энергиям за срезом двигателя с помощью многосеточного зонда, аналогичного тому, что использовался в работе [4]. Были получены зависимости тока на коллектор от напряжения на управляющей сетке зонда – тормозные характеристики при различных расходах компонентов смеси. По тормозным характеристикам были найдены распределения ионов по энергиям за срезом двигателя.

Результат обработки полученных данных позволил определить диапазон разрядных напряжений, при которых двигатель работал с наибольшей долей энергии, вложенной в ускорение вещества. Доля энергии, вложенной в ускорение вещества, была получена путём деления найденной средней энергии ионов на разрядное напряжение. По виду распределений было выделено в каждом диапазоне расходов наибольшее и наименьшее влияние процессов перезарядки на проводимые измерения.

Список используемых источников:

1. Ерофеев А.И., Никифоров А. П., Попов Г.А., Суворов М.О., Сырин С.А., Хартов С.А. Разработка воздушного прямоточного электрореактивного двигателя для компенсации аэродинамического торможения низкоорбитальных космических аппаратов // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2016. № 3(33). с.104 – 110.
2. Andreussi T., Ferrato E., Giannetti V. A review of air-breathing electric propulsion: from mission studies to technology verification // Journal of Electric Propulsion. – 2022. – Т. 1. – №. 1. – С. 31.
3. UK Solar System Data Centre. MSISE-90 (Mass Spectrometer - Incoherent Scatter) Model of the Upper Atmosphere. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ukssdc.ac.uk/wdcci/msise90.html> (дата обращения 29.09.2024).
4. Манегин Д.С., Соколов В.Д., Плотникова О.П., Воробьев Е.В., Ивахненко С.Г. Энергетические характеристики пучков бессточных ионных источников // Радиотехника. 2024. Т. 88. № 11. С. 172–180. DOI: <https://doi.org/10.18127/j00338486-202411-20>.

Методика конструкторского гидравлического расчета высокотемпературной основной камеры сгорания для перспективного газотурбинного двигателя

Мухамедов Р.Д.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Пахольченко А.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Камера сгорания газотурбинного двигателя (ГТД) — это ключевой компонент, влияющий на топливную эффективность, устойчивость пламени и выбросы вредных веществ. Современные требования к экономичности, долговечности и экологичности ГТД диктуют необходимость внедрения новых методик расчета камеры сгорания, основанных на достоверных математических моделях и компьютерном моделировании, с целью оптимизации её рабочих параметров, таких как коэффициент полноты сгорания, потери полного давления и поле температур на выходе из камеры сгорания.

Основная цель оптимизационного исследования — найти наиболее выгодное решение, учитывая множество взаимосвязанных и часто противоречивых факторов и ограничений. Для основных камер сгорания перспективных ГТД с температурой газа 1900...2100K проблема поиска оптимальных решений усугубляется, поскольку возникает необходимость введения элементов управления рабочим процессом, а именно управления распределением расходом воздуха по сечениям жаровой трубы. Рассматривается возможность управления углом установки лопаточного завихрителя, координатой подвода воздуха и глубиной его проникновения.

Оптимальное решение, удовлетворяющее противоречивым требованиям, достигается через компромисс, что возможно путем перебора большого количества вариантов на ЭВМ. Этот подход повышает качество проектирования, сокращает сроки экспериментальной отработки двигателя и позволяет учитывать как опыт существующих конструкций, так и новые перспективные направления.

Математическая модель камеры сгорания с элементами управления рабочим процессом включает уравнения, условия и ограничения, описывающие ее рабочий процесс. Модель состоит из нескольких автономных блоков, каждый из которых имеет свое функциональное назначение. Понимание взаимосвязей явлений в камере сгорания определяет соответствие модели ее физическому состоянию. С накоплением опытных данных могут уточняться принятые законы выгорания топлива по длине жаровой трубы и их изменения при управлении рабочим процессом камеры сгорания, путем регулирования положения элементов управления. Связи и ограничения могут быть представлены в аналитическом виде, включая зависимости, полученные аппроксимацией экспериментальных данных, а также в виде таблиц и графиков.

С помощью математической модели можно быстро и эффективно проводить расчеты и оптимизацию работы двигателя в различных режимах работы и условиях эксплуатации.

Методика конструкторского гидравлического расчета базируется на одномерных уравнениях газовой динамики с использованием газодинамических функций и теплофизических свойств рабочего тела. Основными исходными данными для проведения расчета являются:

1. Параметры воздуха на входе в камеру сгорания на расчетном режиме: давление, температура и расход воздуха.
2. Параметры на выходе из камеры: коэффициент полноты сгорания топлива, коэффициент избытка воздуха, температура газа.
3. Количество воздуха, отбираемого на охлаждение.
4. Характеристики топлива: низшая теплотворная способность топлива и стехиометрический коэффициент.
5. Законы выгорания топлива по длине жаровой трубы в зависимости от положения элементов управления рабочим процессом.

Методика позволяет последовательно определять все геометрические параметры камеры сгорания, такие как: объем и высота ЖТ, габаритные размеры камеры (длина ЖТ, площадь поперечного сечения, средний диаметр), размер диффузора и расчет суммарной площади отверстий в стенках ЖТ, а также определить требуемое для данного режима положение

элементов управления. После определения этих параметров происходит проверка их корректности в диапазоне допустимых значений.

Представленная методика конструкторского гидравлического расчета камеры сгорания для перспективного газотурбинного двигателя представляет собой математическую модель, сформированную в виде кода программы, написанным на языке программирования Фортран. Фортран – это высокоуровневый язык программирования, который широко используется в научных и технических расчетах, а также позволяет быстро решать задачи вычислительной газодинамики.

Таким образом, методика конструкторского гидравлического расчета камеры сгорания для перспективного газотурбинного двигателя должна включать комплексный подход, сочетающий термодинамический, аэродинамический и тепловой расчет. Программные инструменты, такие как Фортран, позволяют автоматизировать расчеты, что существенно сокращает время и увеличивает точность разработки. Внедрение этих методов в процесс проектирования обеспечивает создание высокоэффективных и надежных камер сгорания, соответствующих современным требованиям.

Список используемых источников:

1. Диденко А.А. Теория и расчет камер сгорания ВРД. Часть 3. Тепловой и гидравлический расчеты камеры сгорания ГТД: учебное пособие для курсового и дипломного проектирования / А.А. Диденко. – Самара: Издательство СГАУ, 2012. – 62 с.
2. Харитонов В.Ф. Определение основных размеров камеры сгорания ГТУ: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / В.Ф.Харитонов – Уфа: Издательство УГАТУ, 1997. – 30с.
3. Термогазодинамический расчет газотурбинных силовых установок. /Дорофеев В.М., Маслов В.Г., Первышин И.В., Сватенко С.А., Фишбейн Б.Д. — М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.
4. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Госиздат, физ.-мат. лит-ры, 1963. – 708с.

Проектирование стенда для испытания камеры сгорания малоразмерного ГТД

Новосадов Д.А., Загадов И.А.

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

Самарский университет, Самара

В современном проектировании авиационных двигателей и их узлов широкое распространение получили расчеты с использованием программ газодинамического моделирования, таких как Ansys CFX, Ansys Fluent и т.д. Однако, нельзя всецело доверять результатам подобных расчётов, так как в настоящее время не найдена универсальная методика расчета рабочего процесса камер сгорания (КС), учитывающая все химические реакции. Исходя из этого, результаты, полученные в указанных программных комплексах, необходимо верифицировать проведением экспериментов как отдельных узлов, так и всего изделия в целом. Расчетными и экспериментальными исследования рабочего процесса КС в России занимаются коллективы из ЦИАМ, КНИТУ-КАИ, МАИ, УУНиТ и другие.

Целью данной работы является создание измерительного участка для определения возможности высотного запуска камеры сгорания малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД).

Для выполнения поставленной задачи решение следующие задачи:

1. Выполнен анализ исходной конструкции камеры КС и прилегающих узлов.
2. Спроектирована упрощенная конструкция измерительного участка на базе исходного МГТД для возможности установки КС в термобарокамеру, а также изготовления на базе самарского университета с помощью аддитивных и классических технологий.
3. Выполнен CFD-расчёт измерительного участка на режиме авторотации, результаты расчета сопоставлены с термодинамическим расчетом исходного двигателя, полученным в САЕ-системе «АСТРА».

4. Спроектированы гребенки, пробоотборники.

5. Выпущен комплект рабочей конструкторской документации на детали и сборочные единицы, входящие в состав стенда.

В ходе выполнения первоначальной проработки конструкция претерпела значительные изменения, а именно: удалена роторная часть; сопловой аппарат заменен на 6 стоек, в которых выполнена препарация с целью определения параметров на выходе из КС; по всей проточной части предусмотрены штуцеры для установки замеров температуры и давления; выполнено общее упрощение конструкции для возможности производства с помощью аддитивных технологий.

Полученная конструкция может использоваться как в земных условиях с использованием двухкамерного электронагревателя для получения входных параметров, так и для высотных испытаний (вплоть до 10 км) с использованием термобарокамеры.

Данная работа является первым этапом в испытании данной камеры сгорания. Дальнейшими этапами являются уточненные термогазодинамические расчёты исходной и модифицированной конструкции и изготовление элементов измерительного участка с последующими испытаниями.

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. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов / под общ. ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. — М.: Машиностроение, 2009. — 504 с.: ил.

2. Бакланов Андрей Владимирович, Краснов Дмитрий Сергеевич, Гараев Алмаз Ильшатович ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОТСЕКА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД // Труды МАИ. 2020. № 114.

Необходимость разработки новых программ и методик для аттестации испытательных стендов

Пирожихин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

В условиях интенсивного развития технологий и повышения требований к качеству двигателей и энергетических установок, согласно ГОСТ Р 8.568-2017 необходимо обновление методик аттестации испытательных стендов для обеспечения их соответствия современным стандартам.

Развитие технологий двигателестроения требует более точных и комплексных испытаний, что ставит под вопрос адекватность существующих аттестационных программ [1]. Новые материалы и конструкции, используемые в двигателях, требуют адаптации существующих методик испытаний, чтобы гарантировать их эффективность и безопасность. [2]

Современные методики аттестации учитывают дополнительные факторы, влияющих на работу двигателей и энергетических установок. Так же учитываются экологические нормы, энергоэффективность и работа в экстремальных условиях [3].

Разработка унифицированных программ аттестации позволит улучшить воспроизводимость результатов испытаний и повысить доверие к ним со стороны производителей и потребителей [4].

Необходимость создания методик аттестации, которые учитывают особенности различных типов двигателей и энергетических установок, поможет повысить точность и достоверность испытаний.

Внедрение цифровых решений и автоматизации в процесс испытаний требует новых подходов к аттестации стендов, включая использование программного обеспечения для анализа и обработки данных. Новые методики аттестации могут помочь минимизировать

риски, связанные с эксплуатацией двигателей и энергетических установок, что особенно важно в условиях повышенных требований к безопасности.

Оптимизация процессов аттестации приводит к снижению затрат на испытания и сертификацию, что является важным фактором для производителей, особенно в условиях конкурентного рынка.

Учет международных стандартов в разработке новых методик аттестации позволяет повысить конкурентоспособность отечественной продукции на мировом рынке.

Обсуждение направлений дальнейших исследований и разработок в области аттестации испытательных стендов, включая сотрудничество с научными и образовательными учреждениями, поможет обеспечить устойчивое развитие отрасли. Использование современных технологий и инновационных подходов позволит повысить достоверность и повторяемость результатов испытаний, снизить риски и обеспечить выпуск надежной и безопасной продукции.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 8.568-2017 «Аттестация испытательного оборудования. Основные положения».
2. «Технологии и материалы для двигателестроения» – журнал «Авиация и космонавтика».
3. Статья: «Экологические аспекты испытаний двигателей внутреннего сгорания» / Сидоров В.П., Кузнецов С.А. // Вестник машиностроения. 2021. №8. С. 12-18.
4. ASTM E2659-15 – Стандартные руководства по аттестации испытательных лабораторий.

Разработка методики выполнения измерений параметров трубопровода топливной системы авиационного газотурбинного двигателя

Пузин Д.А.

Научный руководитель — Бурова А.Ю.
МАИ, Москва

В данной работе разработана методика выполнения измерений параметров труб из стекловолокна при контроле качества авиационной техники. Она включает в себя использование специализированного оборудования и работу с трубопроводами, что может представлять угрозу для безопасности работников. Для минимизации этих рисков была создана и внедрена система управления измерениями (СУИ), основанная на принципах стандарта ISO 9001.

Основной целью стало обеспечение точности и надежности измерений, а также соответствия международным стандартам качества. В рамках работы были разработаны политика и процедуры для идентификации, оценки и управления рисками. Проведено комплексное обучение персонала, направленное на повышение осведомленности о важности точных измерений и культуры безопасности на предприятии.

Для разработки СУИ использовались современные методы анализа рисков, такие как FMEA и HAZOP. Была создана полная документация, включая политики, процедуры и инструкции, а также проведены регулярные аудиты для оценки эффективности системы.

В результате внедрения СУИ удалось добиться значительных улучшений: количество ошибок при измерениях сократилось на 25% за первый год, повысился уровень осведомленности сотрудников о требованиях точности, а также было обеспечено соответствие международным стандартам, что открыло новые возможности для сотрудничества с крупными клиентами.

Новизна нашей разработки заключается в интеграции современных бесконтактных методов измерения, таких как лазерные и оптические технологии, что позволяет повысить точность и скорость измерений без необходимости контакта с поверхностью труб. Кроме того, наша система адаптирована для работы с различными материалами и размерами труб, что делает ее универсальной и эффективной для широкого спектра применения.

Были проведены испытания и сертификация оборудования, используемого для измерений, что подтвердило его точность и соответствие требованиям стандартов. Это позволило дополнительно снизить риски, связанные с эксплуатацией оборудования, и повысить надежность измерительных процессов.

Внедрение СУИ доказало свою эффективность как инструмент повышения точности и надежности измерений. Разработанная система может быть адаптирована для других предприятий, занимающихся измерениями параметров труб. Дальнейшее развитие системы предполагает автоматизацию процессов управления рисками и интеграцию с другими системами менеджмента, что позволит создать комплексную платформу для управления качеством и безопасностью.

Список используемых источников:

1. Установка автоматизированного измерения геометрических параметров труб. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.locus.spb.ru/catalog1/kontrol-geometrii/avtomatizirovannye-sistemy-dlya-izmereniya-geometricheskih-parametrov-trub/> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Измерение параметров шлангов и труб. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.extrusion-info.com/stati/374> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Оптические методы измерения геометрических параметров труб. [Электронный ресурс]. URL: http://repo.ssau.ru/bitstream/Vestnik-SGAU-Aktualnye-problemy-radioelektroniki/Opticheskie-metody-izmereniya-geometricheskih-parametrov-trub-65344/1/apr_2002_4.pdf (дата обращения: 01.03.2025).

Влияние неоднородного магнитного поля на течение ртути в канале с конвекцией

Семенюк Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Листратов Я.И.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

Рассмотрение вынужденного течения электропроводящей жидкости (жидких металлов) в каналах с конвекцией при действии внешнего магнитного поля особенно актуально, так как известно, что гидродинамическое движение можно демпфировать с его помощью. Интерес к такому роду течений возрос вследствие развития науки в области управляемого термоядерного синтеза. Бланкет, важнейшая система термоядерных реакторов, предназначен для улавливания высокоэнергичных нейтронов, появляющихся при термоядерной реакции. Попадая в бланкет, нейтроны замедляются, а выделившееся при этом тепло отводится системой охлаждения.

В работе моделируется и численно анализируется вынужденное течение жидкого металла в горизонтальном канале с подогреваемой нижней стенкой и приложенным в горизонтальном поперечном направлении магнитным полем. При одностороннем обогреве к одной из стенок приложен постоянный тепловой поток, а другие считаются изолированными. Такая задача в некоторых допущениях моделирует систему охлаждения мишени дивертора термоядерного реактора, тем самым представляя практический интерес.

Известно, что отвод тепла от ректора будет наиболее эффективным при использовании охлаждающих каналов с прямоугольным поперечным сечением. Мы рассмотрим прямоугольный канал с соотношением сторон $\beta=3$.

В ранее опубликованной работе [1] рассмотрено и численно смоделировано течение ртути в канале такой же конфигурации в широком диапазоне чисел Рейнольдса Re , Грасгофа Gr и Гартмана Ha , изучены Q2D и 3D течения, проанализировано возникновение магнитно-конвективных флуктуаций. В качестве допущений граничные условия были заданы периодическими, магнитное поле однородным, не учитывалась проводимость стенок канала. Целью данной работы было приблизить условия моделирования к тому, что было реализовано в ходе эксперимента на установке, подробно описанной в работе [2], оценить влияние неоднородности магнитного поля на течение электропроводящей жидкости, определить основные закономерности и качественные тенденции, а также подготовить базу

для дальнейшего исследования задачи в расширенном диапазоне рассматриваемых параметров и сравнения результатов с известными экспериментальными данными.

Список используемых источников:

1. R. Akhmedagaev, O. Zikanov, and Y. Listratov. Magnetoconvection in a horizontal duct flow at very high Hartmann and Grashof numbers. *J. Fluid Mech.* (2022), vol. 931, A29.
2. Belyaev I., Krasnov D., Galesnikov Y., Biryukov D., Chernysh D., Zikanov O., & Listratov Y. Effects of symmetry on magnetohydrodynamic mixed convection flow in a vertical duct. *Physics of Fluids*. (2020), 32(9), 094106.

Автоматизация измерений на координатно-измерительных машинах

Умникова Е.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Карепин П.А.

МАИ, Москва

Одним из ключевых признаков развития технических систем является их постоянное усложнение. В результате этого неизбежно возникают трудности, связанные с измерением, контролем и диагностированием параметров, характеристик, а также с оценкой технического состояния систем и устройств как в процессе эксплуатации, так и в ходе производства. Это требует внедрения эффективных технологий. Одним из возможных вариантов решения задачи является внедрение автоматизированных технологий.

В широком понимании автоматизация включает в себя технические, экономические и организационные мероприятия, которые позволяют выполнять разнообразные процессы без прямого участия человека. Узкое значение автоматизации сводится к применению технических устройств на этапах измерения, обработки и управления. Именно желание заменить ручной труд автоматизированными системами является первопричиной автоматизации.

Одним из наиболее эффективных инструментов для повышения производительности труда в практически всех сферах человеческой деятельности стало широкое использование вычислительной техники. Потребность в повышении эффективности измерений различных физических величин привела к необходимости применения автоматических средств измерений, которые позволяют получать необходимую информацию без прямого участия человека.

Автоматизация измерений применяется во всех отраслях промышленности. Авиационная промышленность не стала исключением. Ведущие предприятия постоянно стремятся к повышению эффективности, безопасности и надежности своих процессов. В этом контексте автоматизация измерений занимает одно из ключевых мест.

Тщательную проверку должны проходить все компоненты авиационной техники. Лопасти вертолетов и самолетов — это не просто элементы конструкции; они являются основными компонентами, обеспечивающими подъемную силу и маневренность. Поэтому точные измерения их характеристик, таких как длина, ширина, угол крутки являются критически важными.

Для автоматизации процессов измерений широкое распространение в настоящее время получили координатно-измерительные машины (КИМ). Автоматизация координатного метода измерений, а также машинная обработка результатов являются преимуществом КИМ.

При измерении на КИМ нужно закрепить лопасть с помощью специального приспособления на гранитной плите оборудования и набрать базовые элементы. Остальные замеры и подсчет результатов машина выполнит автоматически путем контактного сканирования контрольных сечений лопасти. Данное оборудование позволяет измерить длину хорды лопасти и высчитать угол крутки без погрешности ручного инструмента и человеческого фактора.

Однако КИМ зачастую не автоматизирована. Для придания ей такого статуса и встраивания в производственный процесс она должна быть оборудована средствами автоматизации.

Для автоматизации измерений на КИМ предлагается автоматическая обработка данных. На сложных объектах, таких как лопасти, часто возникают ошибки базирования из-за недостаточной величины участка зоны базирования, поскольку область выбора точек на ней меньше области измеряемых контуров. Для решения задачи контроля изготовленной лопасти необходимо скорректировать отклонение номинальной базы от фактического контура путем дополнительного выравнивания. На базовом элементе берется точка с номинальными координатами. В измерительную программу заносится функция, при выполнении которой с помощью анализа фактических координат контрольной точки устанавливается, необходимо ли сделать дополнительное выравнивание. Если отклонение контрольного элемента вне установленного допуска, то КИМ автоматически выполняет перебазирование без вмешательства человека.

Еще одним направлением автоматизации КИМ является смена измерительных шупов без помощи оператора. В программу заносится команда, выполняя которую, установка автоматически едет в магазин и меняет контактный датчик, затем производя его калибровку.

Автоматизации подлежит процесс измерения геометрических параметров серийных деталей. При измерении каждого изделия на специализированной оснастке выполняется цикл автоматического выравнивания, при выполнении которого базирование и дальнейшие замеры происходят без участия оператора. Автоматическое центрирование деталей на КИМ гарантирует, что изделия всегда установлены в правильном положении.

Перспективы автоматизированных КИМ велики, так как достижения в области технологий открывают новые возможности для повышения точности и эффективности процессов. Прогресс в машинном обучении и компьютерном моделировании способствует автоматизации процессов измерений, что позволяет снизить необходимость в человеческом вмешательстве. Автоматизированные системы обладают значительным потенциалом, и организации, которые вкладывают средства в эту технологию, могут рассчитывать на улучшение точности и производительности.

Список используемых источников:

1. Липатов Г.И. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учеб. пособие / Г.И. Липатов. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. 138 с.
2. Грачева, А. Д., Лисютина, А. И., Никихина, М. С. Автоматизация метрологических измерений [Текст] / А. Д. Грачева, А. И. Лисютина, М. С. Никихина // ИЗВЕСТИЯ ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. — 2019. — № 6. — С. 432-435.
3. Тимотин А.М. Принципы привязки деталей при замере на КИМ в случае плохо обусловленных базовых элементов // РИТМ Машиностроения. - 2022. - №5. - С. 39-41.

Анализ воздействия электронов космического пространства на шунтирующее и последовательное сопротивления фотоэлектрического преобразователя на основе кремния

Феклистова А.А., Чуянова Е.С., Бадурин И.В.
Научный руководитель — к.ф.-м.н. Рябцева М.В.
НИТУ МИСИС, Москва

Солнечные батареи (СБ), основой которых являются фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), есть первичный источник электроэнергии для космических аппаратов (КА), который сильно подвержен воздействию ионизирующего излучения космического пространства. От радиационной стойкости ФЭП напрямую зависит срок службы КА.

Традиционно, для изучения деградации ФЭП в земных условиях используются ускорители разного вида частиц, однако эти эксперименты достаточно трудозатратны и имеют высокую погрешность результатов в связи с расходимостью пучка частиц в испытательных установках. Поэтому важно дополнять расчетно-экспериментальные

методики моделированием, которое позволяет сэкономить ресурсы для отработки новых условий эксплуатации существующих конструкций ФЭП.

Ввиду сложного характера воздействия электронов естественных радиационных поясов Земли на полупроводниковую структуру ФЭП в рамках настоящей работы было изучено влияние электронов с энергиями 1 МэВ, 5 МэВ и 7 МэВ на две составляющие внутреннего сопротивления ФЭП на примере элементов на основе *c-Si* р-типа с пассивированным тыльным контактом, что в будущем станет основой для моделирования основных электрических параметров ФЭП, таких как ток короткого замыкания и напряжение холостого хода, после воздействия ИИ.

В зависимости от величины энергии и флюенса электронов в полупроводниковой структуре образуются как точечные дефекты типа пар Френкеля, так и целые кластеры дефектов [1]. Нарушение периодической структуры решетки полупроводниковых материалов препятствует движению неосновных носителей заряда (ННЗ), что приводит к уменьшению их времени жизни и, соответственно, диффузионной длины [2]. Деградация диффузионной длины ННЗ негативно сказывается на всех электрических параметрах ФЭП, в том числе и на внутреннем сопротивлении ФЭП, характеризующемся шунтирующим и последовательным сопротивлением. Шунтирующее сопротивление обусловлено обратным сопротивлением р-п-перехода, которое зависит от идеальности кристаллической решетки полупроводниковой структуры и наличия загрязняющих примесей. При этом последовательное сопротивление ФЭП характеризуется суммой сопротивлений всех последовательно соединенных элементов конструкции, включая переходные сопротивления контактной и полупроводниковой структуры, сопротивление поверхностного полупроводникового слоя, а также относительно небольшое сопротивление базовой области.

В результате натурального эксперимента с облучением электронами 1 МэВ, 5 МэВ и 7 МэВ было получена зависимость, на которой видно, что в общем случае последовательное сопротивление растет с увеличением уровня флюенса ввиду повреждения кристаллической решетки полупроводниковой структуры ФЭП заряженными частицами, что согласуется с [3]. Можно предположить, что рост последовательного сопротивления связан с ростом сопротивления базы, поскольку электроны различных энергий способны проникнуть на значительную глубину полупроводниковой структуры ФЭП, создавая радиационные центры рекомбинации преимущественно в базовой области (толщина эмиттерного слоя около 0,5 мкм). При этом с повышением энергии электронов наблюдается увеличение наклона зависимости, что говорит об увеличенном количестве первично выбитых атомов, энергия которых напрямую зависит от начальной энергии пучка электронов.

Уменьшение шунтирующего сопротивления в зависимости от флюенса происходит из-за воздействия электронов на границу раздела р-п-перехода, вызывая локальные пробои перехода, что увеличивает рекомбинационный ток р-п-перехода. При этом с ростом энергии наблюдается соответствующее снижение шунтирующего сопротивления. Стоит отметить, что из-за большего рассеяния электронов при энергии 1 МэВ в области р-п перехода наибольший наклон соответствует зависимости при воздействии электронов именно этой энергии.

Однако, если рассмотреть изменение последовательного и шунтирующего сопротивлений относительно начальных значений (до облучения), то можно увидеть неклассическое изменение рассматриваемой величины, которое может быть связано с улучшением характеристик ФЭП при малых флюенсах воздействия электронов различных энергий. Наличие такого эффекта можно связать с конструктивными особенностями ФЭП. Поскольку в конструкции рассматриваемого типа ФЭП между полупроводниковой структурой и тыльным контактом имеется диэлектрический слой с отверстиями, то следует учитывать механизм деградации этого диэлектрического слоя.

При облучении в диэлектрике образуются электрон-дырочные пары и большинство электронов быстро дрейфуют по направлению к тыльному металлическому контакту, тогда как дырки, избежавшие «начальной» рекомбинации, дрейфуют по оксиду в направлении к границе Si/SiO₂, тем самым компенсируя ловушки захвата, образованные в технологическом процессе создания ФЭП. Однако перед тем, как электроны покидают оксид, часть из них

успевает прорекомбинировать с дырками. Данный эффект хорошо изучен на примере деградации подзатворной области МОП-транзисторов [4].

Список используемых источников:

1. Кузнецова Е. В. Моделирование методом Монте-Карло образования вторичных электронов в кристаллическом кремнии //Труды Московского физико-технического института. – 2018. – Т. 10. – №. 1 (37). – С. 33-40.
2. Cappelletti M. A. Et al. Theoretical study of the maximum power point of n-type and p-type crystalline silicon space solar cells //Semiconductor science and technology. 2013. Vol. 28. No. 4, p. 045010. DOI 10.1088/0268-1242/28/4/045010.
3. Song P. Et al. Quantitative Analysis of the Degradation Behavior of Silicon Solar Cell Irradiated by 1 MeV Electron Beams Using Photocurrent Radiometry Combined with Lock-in Carrierography //International Journal of Thermophysics. – 2018. – Т. 39. – С. 1-8.
4. Таперо К. И. Эффекты низкоинтенсивного облучения в приборах и интегральных схемах на базе кремния //Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2018. – Т. 19. – №. 1. – С. 5-21.

Разработка макета цифрового двойника стенда для испытаний материалов тепловой защиты

Хлебодаров Д.А., Гритчин Д.М., Полетаев А.О.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.
МАИ, Москва

В данном докладе представлен детальный анализ процесса разработки макета цифрового двойника экспериментальной установки, предназначенной для исследования характеристик теплозащитных материалов, используемых в авиационно-космической отрасли. Работа основана на комплексном изучении рабочих параметров и элементной базы существующих испытательных стендов аналогичного назначения, а также на анализе физических процессов, происходящих при проведении испытаний материалов тепловой защиты. В рамках проведенной работы был детально исследован стенд-прототип ГВП-1, что позволило определить ключевые элементы и узлы для построения цифрового двойника.

Применение макетов цифровых двойников открывает широкие возможности для моделирования сложных систем в режиме реального времени, что позволяет прогнозировать их поведение при различных эксплуатационных условиях, оптимизировать рабочие процессы и сокращать потребность в дорогостоящих физических испытаниях. В аэрокосмической отрасли, где критически важны высокая точность и предсказуемость, такие технологии способствуют значительному снижению затрат, ускорению проведения научных исследований, повышению безопасности испытаний, а также дают возможность изучения полученной в результате испытаний информации с применением современных методов обработки и анализа данных. Кроме того, цифровые двойники обеспечивают наглядную визуализацию исследуемых процессов, что позволяет более эффективно проводить комплексное изучение объектов и явлений.

Разработанный макет цифрового двойника состоит из двух ключевых компонентов, каждый из которых предназначен для детального воспроизведения различных аспектов работы экспериментальной установки.

Первый компонент представляет собой одномерную модель экспериментальной установки ГВП-1, описывающую функционирование различных систем испытательного стенда. Она включает в себя периферийные системы стенда, такие как: система подачи рабочего тела (рассмотрен случай использования воздуха), система охлаждения теплонагруженных систем (теплоноситель - вода), вакуумная система (вакуумная магистраль, установленный в ней насос, вакуумная камера), нагреватель рабочего тела (плазматрон).

Второй компонент представляет собой многомерное моделирование аэродинамического взаимодействия высокоскоростного и высокоэнтропийного потока с образцом теплозащитного материала, размещенным в вакуумной камере, методами CFD. Этот расчет

направлен на анализ физических процессов, возникающих в ходе испытаний, включая тепловой и газодинамический отклик материала на воздействие экстремальных условий/ Это позволяет оценить его эксплуатационные характеристики и предсказать поведение при различных режимах нагрузки.

Одномерное моделирование служит источником исходных данных для последующего многомерного анализа. Такой подход позволяет определить параметры истекающей из плазматрона струи и оптимально расположить образец теплозащитного материала в рабочей зоне испытательной камеры, что обеспечивает достижение требуемых значений теплового потока критически важных для корректного воспроизведения реальных условий эксплуатации и получения достоверных результатов. Комплексный характер моделирования дает возможность не только оптимизировать работу установки, но и повысить точность прогнозирования тепловых и газодинамических процессов, происходящих в ходе испытаний.

Разработанный макет цифрового двойника, основанный на сочетании одномерного и многомерного подходов к моделированию, позволяет комплексно исследовать функционирование испытательного стенда и анализировать протекающие в нем физические процессы. Данный подход обеспечивает возможность предварительной настройки и отработки различных систем установки, а также получения ключевых параметров, таких как распределение давления и температуры в различных контурах стенда, тепловые характеристики нагруженных элементов и эффективность работы отдельных подсистем.

Список используемых источников:

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: Учебник для авиационных специальностей вузов / В.С. Авдеевский, Б.М. Галицейский, Г.А. Глебов и др.; Под общ. ред. В.С. Авдеевского, В.К. Кошкина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.: ил.
2. Никитин П.В., Сотник Е.В. «Воспроизведение конвективно – лучистого теплообмена, сопутствующего входу космических аппаратов в атмосферы планет со второй космической скоростью». М.: «Труды МАИ», 2011, № 42, с. 3...26.
3. «CFD Analysis Framework for Arc-Heated Flowfields, II: Shear Testing in Arc-jets at NASA ARC» Dinesh Prabhu, David Saunders, ELORET Corporation, 465 S. Mathilda Avenue, Suite 103, Sunnyvale, CA 94086.
4. «Nonequilibrium shock layer in large-scale arched wind tunnel» Yusuke Takahashi et al 2022 J. Phys. D: Appl. Phys.

Особенности испытаний и верификации электрических винтомоторных групп

Шалынков С.А.

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

ТулГУ, Тула

Активное развитие автономных авиационных комплексов подталкивает к поиску способов удешевления и автоматизации испытаний двигательных установок. Широкая номенклатура возможных комбинаций двигателей и воздушных винтов всем своим разнообразием приводит к существенным временным затратам на этапе общего проектирования перспективных летательных аппаратов, что подталкивает исследователей и производителей переходить от натурных экспериментальных методик к методикам, основанным на численном решении поставленной задачи. Для проверки и обеспечения соответствия результатов численного моделирования реальной картине требуется соотнести полученные данные разными методами.

Статические испытания двигателей летательных аппаратов не позволяют получить полную картину функционирования силовой установки в полете, поэтому мной было проведено численное моделирование работы избранной комбинации винтомоторной группы при различных скоростях набегающего потока, а для верификации полученных данных был

разработан стенд динамических испытаний в аэродинамической трубе. Проведенный аналитический расчет позволяет подкрепить правильность численного решения.

Объектом исследования является бесколлекторный электродвигатель с воздушным винтом, частота вращения пропеллера варьируется от 1000 до 12000 об/мин при питании от 4s li-poi аккумулятора с номинальным напряжением 14,8 В.

Численный этап моделирования позволяет воссоздать реальные условия полета и обеспечить необходимую точность результатов расчета. Расчет проводился в программном пакете для моделирования течения жидкостей и газов с учётом турбулентности.

Стенд аэродинамических испытаний силовой установки в целом состоит из 3 частей: крепление двигателя, система тензометрических датчиков, система регистрации и телеметрии. Суть эксперимента заключается в проведении серии замеров тяги и реактивного момента при различных скоростях набегающего потока. В результате, анализируя телеметрию, определен диапазон рабочих, оптимальных скоростей полета с учетом коэффициента полезного действия, а также значения тяги при различных скоростях полета.

В ходе проведения расчетов и экспериментов было определено соответствие результатов испытаний, что позволяет использовать компьютерное моделирование в решении задач аэродинамики электродвигателей с воздушным винтом.

Таким образом, численное моделирование аэродинамических процессов работы воздушного винта при воздействии набегающего потока с определенной скоростью зарекомендовало себя как точный инструмент в решении задач подбора оптимальных комбинаций винтомоторных групп. Но, несмотря на успехи и прогресс в области численного моделирования различных процессов, полностью отказываться от натурного эксперимента не следует особенно в случаях отработки надежности и безопасности силовых установок.

Работа выполнена в рамках соглашения №7 от 31.10.24 о развитии студенческого конструкторского бюро «ОКБ «Октава» – средства связи специального назначения».

Список используемых источников:

1. J.B. Brandt, R.W. Deters, G.K. Ananda, O.D. Dantsker, and M.S. Selig Vol.1-4, University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Aerospace Engineering, UIUC Propeller Database [Электронный ресурс]. URL: <https://m-selig.ae.illinois.edu/props/propDB.html> (Дата обращения 24.02.2025).

2. И.П. Иванов, А.М. Чеповский, «Программные средства обработки результатов расчетов в инженерных пакетах Ansys CFX и Abaqus для высокопроизводительных вычислительных установок» - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 189, [3] с.

3. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов / В. Т. Калугин, Г. Г. Мордвинцев, В. М. Попов; под ред. В. Т. Калугина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 527 [1] с. : ил. - (Математическое моделирование в технике и в технологии).

Влияние упругих столкновений на угловые и энергетические распределения ионов в струях стационарных плазменных двигателей

Шмелева А.Н.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Измерения энергетических спектров ионов струй стационарных плазменных двигателей (СПД) показывают, что помимо ускоренных ионов и ионов перезарядки (10-20 эВ), в струе присутствуют ионы с промежуточными значениями энергии. Поскольку содержание этих ионов относительно невелико (10-15%), ранее им не уделялось большого внимания. Однако с точки зрения воздействия плазменной струи СПД на элементы конструкции космических аппаратов (КА) [1] этот класс ионов является значимым.

В [2] было показано, что причиной образования ионов промежуточных энергий в струях СПД являются упругие столкновения ускоренных ионов с нейтральными частицами в ближней зоне струи. При измерениях, проводимых в условиях вакуумной камеры, концентрация нейтральных частиц велика и содержание ионов промежуточных энергий в

периферийной зоне струи в несколько раз превышает содержание ускоренных ионов. Однако в космосе концентрация нейтральных частиц существенно меньше, что может привести к уменьшению потоков ионов промежуточных энергий. В связи с этим возникает вопрос о соответствии измеренных параметров струи и ее параметрах, реализуемых в условиях летной эксплуатации КА. Кроме того, хорошо известно, что интегральные параметры струи, такие как осевой импульс, расход и полный ток ионов, рассчитанные по измеренным спектрам и угловой характеристике ионов струи, как правило, не совпадают с соответствующими интегральными параметрами двигателя.

В докладе показано, что ионы промежуточных энергий образуются за границей области ускорения и не участвуют в образовании тяги двигателя. Процессы рассеяния приводят к значительному искажению энергетических спектров и углового распределения ионов струи. Количество ускоренных ионов уменьшается, струя «разваливается» за счет увеличения количества ионов промежуточных энергий в периферийной зоне. В итоге, измеренный осевой импульс ионов оказывается на 10-15% меньше осевого импульса ионов, стартующих с границы области ускорения. При расчете интегральных параметров двигателя [3] по результатам стендовых измерений параметров струи это может приводить к ошибкам оценки коэффициента использования рабочего тела и других показателей эффективности.

Список используемых источников:

1. Ким В.П., Надирадзе А.Б., Попов Г.А., Ходненко В.П., Шишкин Г.Г. «Проблемы применения электроракетных двигателей на космических аппаратах» – в кн. «Модель космоса», изд. 8-е., том 2, «Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов», под ред. проф. Л.С. Новикова, М. 2007 г., изд.-во «Книжный дом Университет». – с. 615-659.
2. Katz, I., Jongeward, G., Davis, V., Mandell, M., Mikellides, I. A Hall effect thruster plume model including large-angle elastic scattering. 37th Joint Propulsion Conference and Exhibit. doi:10.2514/6.2001-3355.
3. Горшков О.А., Шагайда А.А. Метод определения коэффициентов эффективности плазменного ускорителя с замкнутым дрейфом электронов - Письма в ЖТФ, 2008, том 34, вып. 4.

Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика

Секция №3.1 Управление движением, навигация и бортовые системы

Система управления посадкой летательного аппарата

Хтет У Хлаинг

Научный руководитель — Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

В современном мире авиационные технологии играют ключевую роль в различных областях. Возрос интерес к разработке и совершенствованию систем автоматической посадки, которые позволяют летательным аппаратам безопасно и точно совершать посадку без вмешательства пилота. Успешная посадка воздушного судна-сложная задача, требующая точного контроля и координации. Система управления посадкой является важным компонентом современной авиационной техники и обеспечивает безопасную и эффективную посадку воздушного судна. Система автоматической посадки воздушного судна отвечает за управление воздушным судном на этапах окончательного захода на посадку и контакта с землей. Системы автоматической посадки в погодных условиях с ограниченной видимостью (меньше 600 метров) предназначены в первую очередь для безопасной посадки самолетов. Типичная система автоматической посадки включает в себя различные компоненты, которые состоят из таких инструментов, как система посадки, компьютер управления полетом, радиолокационный высотомер.

Одной из ключевых компонентов системы автоматической посадки является боковой канал управления, который играет решающую роль в процессе наведения и выравнивания летательного аппарата перед посадкой. Разработка эффективного бокового канала управления представляет собой сложную инженерную задачу, требующую комплексного анализа, моделирования и тестирования. Данная задача решалась с применением теории оптимального управления, методом аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР) и метода управления с линейно-квадратичным регулятором. Для моделирования и построения графиков переходных процессов системы методом АКОР использовался пакет прикладных программ на языке MATLAB со средой моделирования SIMULINK. Время переходного процесса по боковому отклонению от заданной линии пути составляет 83 с. Перерегулирование равно нулю.

Преимуществом полученных значений является высокая устойчивость и точность слежения. Такая настройка гарантирует, что самолет остается на заданной траектории полета с минимальными отклонениями, повышая безопасность и снижая риск боковых отклонений при посадке. Такая система может эффективно справляться с боковым ветром и ошибками датчиков, обеспечивая стабильный и контролируемый заход на посадку на взлетно-посадочную полосу. Кроме того, нулевое превышение скорости означает, что воздушное судно не отклоняется от заданной траектории, сохраняя плавную и точную траекторию посадки.

Разработка эффективного канала бокового управления в системе автоматической посадки является актуальной и перспективной задачей, требующей дальнейших исследований и разработок. Усовершенствованные алгоритмы управления за счет интеграции сенсорных технологий и механизмов реагирования в режиме реального времени позволяют повысить точность и надежность посадки воздушных судов даже в сложных ситуациях.

Список используемых источников:

1. П.В. Мулин, А.П. Березуев. Системы автоматического управления продольным движением центра масс самолета: учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2015. — 124 с.

2. А.В. Березуев, П.В. Мулин, В.Д. Елисеев, Динамика продольного движения воздушных летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2016. 143 с.

Приближенное математическое моделирование объекта, оценивание параметров модели и параметрический синтез системы управления углом тангажа самолета

Сан Лин Аунг

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Рыбников С.И.
МАИ, Москва

С использованием методов Эйлера и Рунге-Кутты (РК), со сравнением получаемых результатов, на основе упрощенной линейной, стационарной математической модели [1] решаются задачи динамики продольного короткопериодического движения самолета: математического моделирования движения объекта управления, идентификации коэффициентов уравнений, параметрического синтеза ПИД регулятора угла тангажа и математического моделирования получаемой системы управления.

Кратко рассматривается суть применяемых методов для интегрирования системы линейных дифференциальных уравнений.

Методами Эйлера и Рунге-Кутты (РК) строятся переходные процессы в рассматриваемом объекте в режиме управления.

С помощью метода наименьших квадратов, на основе данных численного моделирования [2] оцениваются коэффициенты дифференциальных уравнений объекта управления. Показано, что метод РК обеспечивает большую точность оценивания коэффициентов, чем методом Эйлера, благодаря минимизации погрешностей высшего порядка. Для объекта с известными коэффициентами уравнений рассчитываются коэффициенты ПИД-регулятора. При этом анализируются переходные характеристики системы управления [3]. Начальные коэффициенты ПИД-регулятора могут уточняться программой оптимизации. Так для модели системы, построенной без учета динамики рулевого привода и реальных ограничений, получен переходный процесс с весьма высокими характеристиками: со временем нарастания 0,0709 секунд, перерегулированием 11,6% и быстрым временем установления 0,608 секунды.

Применяемая в работе методология полезна при предварительном проектировании систем управления продольным короткопериодическим движением самолетов. Сравнительный анализ численных методов моделирования и их влияния на точность оценивания коэффициентов уравнений объекта позволяет применять их рациональную комбинацию.

Список используемых источников:

1. Березуев, А. В., Елисеев, В. Д., & Мулин, П. В. Динамика продольного движения воздушных летательных аппаратов : учебное пособие. Москва : Изд-во МАИ, 2016. - 143 с. ISBN 978-5-4316-0339-6.

2. Корсун О. Н. Методы параметрической идентификации технических систем [Электронный ресурс]: электронное учебное издание: учебное пособие по дисциплине «Идентификация испытательных и измерительных процессов». — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011.

3. Абдулин Р. Р., Березуев А. В., Кузнецов А. Г., Мулин П. В. Системы автоматического управления продольным короткопериодическим движением самолетов: учебное пособие. — Москва: Изд-во МАИ, 2019. — 143 с. — ISBN 978-5-4316-0622-9.

Прогнозирование угла тангажа беспилотного летательного аппарата с использованием нейронной сети Колмогорова-Арнольда

Антонов И.М.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Сафин А.Р.

ИРЭ РАН, Москва

Задача управления сложным техническим объектом связана с необходимостью учета значительных и разнообразных неопределённостей параметров и нелинейностей характеристик. На практике важно чтобы законы управления являлись близкими к оптимальным (квазиоптимальным) по отношению к заданному функционалу качества. При решении задачи построения оптимального управления основное внимание уделяется только синтезу оптимального закона, а математическая модель, с помощью которой строится данное управление, является слишком упрощённой, часто линейной [1]. Из-за сильного упрощения математическая модель может слишком отличаться от поведения реального объекта и управление перестает быть квазиоптимальным. Из этого следует, что для прикладного решения задачи построения квазиоптимального управления требуется более подробная модель системы, учитывающая нелинейные составляющие.

Для удовлетворения этого требования возможно использование аппарата адаптивного управления. В настоящее время одним из эффективных подходов к реализации такого управления является подход, основанный на использовании нейросетевого моделирования [2]. Благодаря существующему арсеналу нейросетевых инструментов возможно не только решение задачи идентификации объекта управления, но и также непосредственное управление данным объектом в процессе его функционирования (управление с помощью прогнозирующей модели).

В качестве сложного технического объекта рассматривается беспилотный летательный аппарат (БПЛА) самолетного типа нормальной аэродинамической схемы. Изменение параметров движения и управления БПЛА происходит с течением времени поэтому их можно представить, как набор временных рядов. Нейронные сети рекуррентного типа хорошо себя зарекомендовали в задаче прогнозирования временных рядов. В работе [3] используется рекуррентная нейронная сеть на базе многослойного персептрона в задаче прогнозирования изменения угла атаки математической модели продольного движения БПЛА. Весьма перспективной альтернативой нейронным сетям на базе многослойного персептрона являются сети Колмогорова-Арнольда (НСКА) [4], которые основаны на одноимённой теореме представления.

В данной работе рассматривается нейросетевой подход к решению задачи прогнозирования изменения угла тангажа. В качестве заданного режима рассматривается прямолинейный полет в вертикальной плоскости, благодаря чему можно исследовать продольное движение изолированно от бокового. Для иллюстрации метода используются данные расчёта математической модели продольного движения гипотетического БПЛА. Отличительной особенностью данной модели, в сравнении с используемыми в классической литературе, является учет возникновения гистерезисных процессов в продольных аэродинамических характеристиках на больших углах атаки.

В качестве нейросетевой модели используется рекуррентная нейронная сеть на базе НСКА. На вход модели подается вектор предыдущих значений угла тангажа и вектор предыдущих и будущих отклонений руля высоты. Данные для обучения и валидации нейронной сети, полученные путем математического моделирования продольного движения БПЛА, разделены на 2 участка размером в 65 и 35 % от всего временного ряда соответственно. Горизонт прогнозирования составляет 5 секунд. После 216 итераций обучения удалось добиться максимального значения модуля отклонения прогноза от валидационных данных на не более один градус. Таким образом, показано, что НСКА успешно справляется с предсказанием изменения параметра БПЛА как сложной технической системы. Полученная неперсептронная модель может использоваться не только для построения квазиоптимального управления, но и применяться в составе системы контроля и диагностики состояния БПЛА.

Список используемых источников:

1. Гурман В.И. Некоторые проблемы теории оптимального управления // Известия Иркутского государственного университета. 2017 Т. 19 Серия «Математика». С. 26–43.
2. Антонов И.М., Чегодаев В.Б. Квазиоптимальная информационно-управляющая система техническим объектом с использованием нейросетевого двойника и метода оптимизации дельта // Приборы. 2024. №1. С. 13-16.
3. Кондратьев А. И., Тюменцев Ю. В. Нейросетевое адаптивное отказоустойчивое управление движением маневренного самолета // Сборник научных трудов XII Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика — 2010». — МИФИ. М. : Изд-во МИФИ, 2010. - С. 262— 272. — ISBN 978-5-7262-1226-5. — Часть 2.
4. Mario Köppen. On the training of a kolmogorov network. In Artificial Neural Net- works— ICANN 2002: International Conference Madrid, Spain, August 28–30, 2002 Proceed- ings 12, pages 474–479. Springer, 2002.

Использование частотной характеристики разгонного блока как твердого тела для обеспечения относительной устойчивости системы управления движением разгонного блока с большими массами жидкого топлива

Афони́на Е.В.

РКК «Энергия», Москва

Построение системы управления движением разгонного блока связано с подбором коэффициентов автомата стабилизации, управляющий сигнал которого формируется как линейная комбинация регулируемых величин и их производных.

Запас устойчивости по фазе можно определить по диаграмме Найквиста как величину, определяемую на частоте, при которой модуль передаточной функции системы равен 1, и показывающую, какой дополнительный отрицательный сдвиг допустим в системе, прежде чем она окажется на границе устойчивости (в точке с координатами $(-1, j0)$).

Относительная устойчивость системы управления будет определяться значениями коэффициентов автомата стабилизации, которые определяются путем построения области Д-разбиения, не содержащей информации об относительной устойчивости системы. В данной работе предлагается метод аналитического расчета коэффициентов автомата стабилизации, обеспечивающих заданный запас устойчивости системы по фазе, основанный на переходе от системы уравнений возмущенного движения разгонного блока с учетом подвижности жидкого топлива в баках к системе уравнений, описывающей разгонный блок как твердое тело.

Определение запаса устойчивости по фазе связано с первым пересечением годографа передаточной функции с окружностью единичного радиуса. Для рассматриваемой точки пересечения характерны следующие два замечания:

Модуль передаточной функции в этой точке равен 1, а тангенс угла, определяющего запас устойчивости по фазе, есть отношение мнимой и действительной частей передаточной функции системы управления.

Система уравнений возмущенного движения разгонного блока как твердого тела дает передаточную функцию объекта как твердого тела. Произведение этой передаточной функции и передаточной функции закона управления образует передаточную функцию разомкнутой системы. С учетом условий на точку, определяющую запас устойчивости, получаем выражения для коэффициентов автомата стабилизации.

Построение диаграммы Найквиста для разных точек полета разгонного блока на активном участке позволяет убедиться, что коэффициенты, рассчитанные в предположении, что разгонный блок – твердое тело, обеспечили заданный запас устойчивости по фазе системы с учетом подвижности жидкого наполнения топливных баков.

Таким образом, предложенный в данной работе метод позволяет построить систему управления движением разгонного блока с большими массами жидкого топлива в баках с обеспечением заданной относительной устойчивости.

Список используемых источников:

1. Абгарян К.А., Рапопорт И.М. Динамика ракет; М.: Машиностроение, 1969.

2. Дорф Р., Бишоп Р., Современные системы управления, 2002.
3. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Теория автоматического управления техническими системами: [Учеб. пособие для машино- и приборостроит. вузов] - Москва: Изд-во МГТУ, 1993.

Исследование внимания и концентрации пилота при выполнении задач на авиационном тренажере с использованием технологий айтрекинга

Барашков А.С.

Научный руководитель — доцент, к.м.н. Розанов И.А.

МАИ, Москва

Совершенствование качества подготовки пилотов и повышение безопасности полетов является важной задачей в авиации, поскольку в условиях повышенного стресса и нагрузки способность пилота к концентрации и вниманию может значительно изменяться, что влияет на точность выполнения заданий и безопасность полетов. В условиях экстремальных ситуаций критически важна способность пилота сохранять концентрацию, что обуславливает необходимость разработки эффективных методов мониторинга и улучшения когнитивных функций. Использование технологий айтрекинга позволяет глубже понять визуальные стратегии пилота и выявить ключевые моменты, когда внимание может ослабевать. Разработка таких технологий крайне важна не только для авиации, но и для более широких областей, включая космонавтику, где успешная работа в условиях стресса и долгосрочных миссий требует надежных систем контроля когнитивных способностей. Тема работы имеет непосредственное значение для развития космонавтики, поскольку позволяет повысить безопасность и эффективность работы пилотов и астронавтов в экстремальных условиях.

В рамках работы был проведен обзор существующих методов мониторинга внимания и концентрации, а также рассмотрено применение технологий айтрекинга для оценки визуальных паттернов и тренировки пилотов в экстремальных условиях. На основе анализа литературы выявлены недостатки существующих методов, включая их ограниченность в применении к реальным полетам и необходимость в адаптации для тренажеров. Оставшейся нерешенной задачей является полное внедрение технологии айтрекинга в тренажерные системы и разработка методик для интеграции данных мониторинга в процессе тренировки пилотов.

Задача решается с помощью технологий айтрекинга, которые фиксируют движения глаз пилота и позволяют точно определять, на какие объекты и зоны он обращает внимание в ходе выполнения задач на тренажере. Использование авиационных тренажеров, имитирующих различные условия полета, позволяет эффективно моделировать экстремальные ситуации, чтобы исследовать поведение пилота и его способность сохранять внимание в условиях стресса.

Математические методы, используемые для обработки данных айтрекинга, включают статистический анализ временных рядов фиксации, построение тепловых карт для визуализации зон внимания, а также кластеризацию и анализ распределения внимания пилота по секторам в условиях тренировки. Эти методы обеспечивают объективную оценку визуального поведения пилота, что позволяет оптимизировать тренировки, адаптировать программы подготовки и повысить уровень безопасности полетов.

Список используемых источников:

1. Розанов И.А. Психофизиологические эффекты психологической поддержки при моделировании факторов космического полёта // ИМБП, 2023.
2. Морозова Е. Н. Исследование когнитивных функций летного состава в условиях тренажерной подготовки. // Вестник авиации и космонавтики, 2020, №3, с. 45–52.
3. Кузнецов А. Н., Полосин П. Н. Методы исследования зрительного внимания в авиации. – СПб.: Наука, 2018.

Концепция системы автоматического ухода от столкновения самолетов в воздухе на основе данных TCAS

Венерова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ефремов Е.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Актуальность проблемы заключается в том, что в последние десятилетия наблюдается рост числа авиационных происшествий. Несмотря на существующие системы предупреждения, такие как TCAS, необходимость в автоматизированных решениях, способных оперативно реагировать на угрозы, становится все более очевидной. Таким образом, разработка системы автоматического ухода от столкновения самолетов является важным шагом к повышению безопасности воздушного движения.

TCAS (Traffic Collision Avoidance System) представляет собой систему, устанавливаемую на самолетах для предупреждения пилотов о потенциальных столкновениях, использующую данные о положении и высоте других воздушных судов, полученные через радиолокационные сигналы. Эта система предоставляет информацию о необходимости изменения высоты, однако не всегда гарантирует мгновенное и безопасное решение, особенно в сложных ситуациях.

Основной целью работы является разработка концепции системы, автоматически анализирующей данные TCAS и принимающей решения о необходимых маневрах для избежания столкновений. В рамках этой работы будут решены задачи, включающие разработку алгоритмов обработки данных, моделирование сценариев столкновений и тестирование системы в различных условиях.

В процессе разработки будет создана математическая модель системы, которая поможет отработать различные сценарии столкновений, что позволит проанализировать поведение самолетов с учетом таких параметров, как скорость и высота. Использование симулятора полёта поможет протестировать автоматическую систему в условиях приближенных к реальным, выявить недостатки и оптимизировать алгоритмы для повышения надежности и эффективности.

Ожидается, что такая технология значительно повысит уровень безопасности полетов, снизив риск столкновений в воздухе. Автоматизация процесса принятия решений позволит сократить время реакции и минимизировать человеческий фактор, который часто становится причиной ошибок.

В будущем, внедрение такой системы автоматического ухода от столкновения в коммерческую авиацию может стать важным шагом к повышению безопасности полетов, и ожидается, что данная разработка будет востребована как у авиакомпаний, так и у регуляторов, что позволит улучшить стандарты безопасности в авиоперевозках.

В заключение, разработка системы автоматического ухода от столкновения самолетов на основе данных TCAS представляет собой важный шаг к улучшению безопасности воздушного движения, а использование современных технологий и алгоритмов позволит создать эффективное решение, способное минимизировать риски и повысить надежность авиационных операций.

Алгоритм формирования траектории движения беспилотного воздушного судна в среде с препятствиями

Горлова К.О., Куковинец А.В.

Научный руководитель — д.т.н. Сельвесюк Н.И.

РТУ МИРЭА, Москва

Отрасль беспилотной авиации в мире представлена преимущественно беспилотными воздушными судами мультироторного типа (81% на 2023 год). В стратегические планы РФ на 2023-2026 годы входит обеспечение производства мультироторов на уровне 75% от общего объема выпуска беспилотных воздушных судов [1]. Планами на краткосрочную перспективу определено в первую очередь совершенствование имеющихся разработок, поэтому остаётся актуальной задача управления объектами указанного типа. Целью

настоящей работы является конструирование алгоритмического обеспечения траекторного контура системы управления полётом, который позволит объекту перемещаться в пространстве с учётом статических и динамических препятствий.

Математическая модель объекта управления описывает динамику твёрдого тела с шестью степенями свободы, силовую установку (4 бесколлекторных электродвигателя постоянного тока и воздушные винты), систему управления полётом, систему электроснабжения (аккумуляторную батарею без учёта системы распределения) и систему измерений (дальномер, акселерометр и идеальный гироскоп). Система управления полётом обеспечивает работу исполнительной подсистемы, управляющей частотой вращения воздушных винтов, а также вычислительной подсистемы, формирующей управляющие воздействия в соответствии с законами управления углами пространственной ориентации и высотой полёта.

В задаче управления полётом объекта по заданному маршруту существенную роль играет алгоритм формирования траектории движения. Траекторный контур вычислительной подсистемы объекта предназначен для расчёта координат локальной целевой точки по мере движения объекта к конечной точке. Выбор опорных точек маршрута производится с использованием метаэвристических алгоритмов поиска пути на основании априорной информации о среде [2], а учёт препятствий, возникающих в процессе движения, достигается средствами локального планирования.

Предложенный алгоритм формирования траектории может использоваться также в системах управления гражданских воздушных судов вертикального взлёта и посадки, которые развиваются в настоящее время в рамках обеспечения городской аэромобильности.

Список используемых источников:

1. Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2023 г. № 1630-р «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации».

2. Метаэвристические алгоритмы глобальной оптимизации / А. В. Пантелеев, Д. В. Сквинская. — М.: Вузовская книга, 2019. — 332 с.: ил.

Алгоритмы спуска перспективного транспортного корабля при аварии ракеты-носителя на участке выведения

Дегтяренко И.А.

Научный руководитель — Хетагов Р.С.

РКК «Энергия», Москва

Одним из важных аспектов перспективного транспортного корабля является возвращение людей и грузов на Землю.

При возникновении аварийных ситуаций на определённых участках выведения ракеты-носителя (РН) перспективного транспортного корабля на орбиту, необходимо решать задачу по обеспечению безопасного спуска экипажа с возвращаемым аппаратом (ВА) на один из ближайших полигонов посадки на Землю. При этом необходимо учитывать ограничения по расходу топлива, точность приведения ВА в точку раскрытия парашюта (ТП), и поддерживать в заданных границах параметры спуска ВА для успешного раскрытия парашюта. В работе решены наиболее важные задачи по обеспечению безопасного спуска ВА:

1. Определение полигона для посадки из имеющихся в заданной окрестности, с учётом баллистико-навигационной достижимости и возможностей управления при спуске, после окончания работы системы аварийного спуска (САС).

2. Сравнение начальной ориентации ВА с требуемой ориентацией в используемой инерциальной системе координат (ИСК) для спуска и посадки на выбранный полигон, и, при их несоответствии в пределах зоны нечувствительности, обеспечение максимального по быстродействию разворота в нужное угловое положение с помощью управляющих реактивных двигателей системы исполнительных органов спуска (УРД СИОС) [1].

3. Управление ориентацией ВА в канале крена для приведения его в область, соответствующую доступному расчётному полигону (РП) [2, 3, 4].

4. Выбор наилучших параметров алгоритма управления двигателями СИОС для спуска ВА перспективного транспортного корабля при аварии РН на участке выведения [5].

ВА статически устойчив по тангажу и рысканью и статически нейтрален по углу скоростного крена (при вращении относительно вектора воздушной скорости). Данный фактор используется для управления движением в атмосфере ВА с малым аэродинамическим качеством ($\sim 0,3$). При наличии угла крена проекция подъёмной силы на местную вертикальную плоскость формирует продольное движение ВА, а боковая проекция – поперечное движение.

Для решения задачи приведения ВА в РП после завершения работы САС разрабатывается алгоритм спуска после аварии РН (АСПА). В АСПА для решения задачи посадки используются теоретические основы линейной алгебры, теория максимальных по быстродействию разворотов, теория пропорциональной навигации, а также алгоритмы по спуску с орбиты, основанные на управлении на спуске с помощью поворотов УРД СИОС в канале крена.

Было проведено предварительное численное моделирование спуска ВА при аварии ракеты-носителя на участке выведения. Моделирование позволяет сделать вывод о наиболее приемлемых с точки зрения снижения затрат рабочего тела, и, одновременном сохранении точности приведения ВА в расчётную точку раскрытия парашюта настройках управления и коррекции управления.

Список используемых источников:

1. Алиев-Хетагов Р. С. Расчёт продолжительности оптимального по времени разворота космического аппарата при смене режимов ориентации // Журнал: Вестник СибГАУ. 2012. № 5 (45).

2. Улыбышев Ю. П. Наведение космического корабля с малым аэродинамическим качеством в точку посадки // Журнал: Космические исследования. 2010. Т 48. № 6.

3. С.Н. Евдокимов, С.И. Климанов и др. Алгоритмы управления угловым движением спускаемого аппарата при возвращении от Луны. // Журнал: Известия РАН. Теория и системы управления. 2017. № 3. С. 148-156.

4. Сихарулидзе Ю.Г., Корчагин А.Н. и др. Терминальный алгоритм управления спуском с околоземной орбиты для посадки КА в заданном районе. // ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Электронная библиотека. Препринты ИПМ. 2018. Препринт № 46.

5. Хетагов Р.С., Дегтяренко И.А. Алгоритмы управления двигателями системы исполнительных органов спуска перспективного транспортного корабля. [электронный ресурс]: URL: <https://conf.energia.ru/tezis-23.pdf>. С. 167—169.

Программная реализация и анализ алгоритмов ориентации космических аппаратов на основе векторных измерений

Дендеберя Г.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Игнатов А.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В данной работе изучались подходы по определению ориентации с использованием векторных измерений, от наиболее простого алгоритма TRIAD до методов, включающих более двух измерений, таких как Q-method, QUEST, метод последовательных вращений и других. Проанализировав их, были реализованы алгоритмы TRIAD и Q-method. Также рассмотрены погрешности различных оценок.

Была разработана программная реализация данных методов в виде приложения на языке C#, позволяющего рассчитывать ориентацию спутника в различных условиях. В частности, в разработанной программе можно задать входные параметры векторов, после чего вычисляется ориентация спутника с использованием различных методов.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с обработкой шумов в измерениях. Для повышения точности определения ориентации была реализована фильтрация Калмана.

Данный метод позволяет эффективно компенсировать погрешности и улучшить точность оценивания ориентации.

Дополнительно, в разработанном программном обеспечении реализована возможность визуализации данных. Результаты расчета ориентации могут быть представлены в виде матриц поворота, углов Эйлера или кватернионов. Это позволяет анализировать ошибки определения ориентации и сравнивать различные методы между собой.

Анализ показал, что использование фильтра Калмана существенно снижает уровень шумов в данных и повышает точность оценивания ориентации. Также было выявлено, что метод TRIAD демонстрирует хорошую точность при наличии надежных входных данных, но менее устойчив к шумам по сравнению с Q-method и QUEST.

Таким образом, в работе проведен анализ различных методов определения ориентации спутника, разработано программное обеспечение для их реализации, а также предложены способы повышения точности оценивания ориентации в условиях неопределенности, таких как нахождение спутника в тени Земли. Полученные результаты могут быть полезны при разработке систем ориентации малых космических аппаратов и их программного обеспечения. Проведено сравнение методов ориентации с точки зрения их вычислительной эффективности, точности и устойчивости к шумам. Проведены тестирования на модельных данных, подтверждающие работоспособность предложенного программного решения и эффективность фильтрации Калмана.

Список используемых источников:

1. Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control, F. L. Markley, John L. Crassidis 2014.
2. Analytical Mechanic of Space System, Hanspeter Schaub, John L. Junkins 2018.

Разработка интеллектуальной системы автоматического управления робототехническим объектом гуманоидного типа

Елкин Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Коробков К.А.

МАИ, Москва

В настоящее время в области управления гуманоидными роботами отсутствуют популярные адаптивные решения, подобные доступным открытым проектам для БПЛА. Это приводит к тому, что большинство решений разрабатываются с нуля и требуют значительных усилий для адаптации от одной робототехнической платформы к другой. Существующие решения зачастую накладывают ограничения на выбор операционной системы и языков программирования, а также требуют значительного времени на освоение, настройку и разработку. В результате, системы управления гуманоидными роботами, как правило, представляют собой монолитные программы, написанные на одном языке программирования и жестко зависимые от конкретной аппаратной платформы. Это усложняет их адаптацию, обновление и расширение функционала.

Таким образом, существует потребность в простой, независимой от операционной системы и языков программирования, модульной и адаптируемой системе управления, которая обеспечит гибкость и эффективное использование вычислительных ресурсов. Кроме того, с ростом интереса к искусственному интеллекту (ИИ) в области робототехники [1] возникает необходимость в интеграции ИИ-вычислений в систему управления.

Разработана система управления, основанная на распределенной архитектуре, включающей одноплатный компьютер и микроконтроллеры. В её основе лежит принцип разделения функциональных задач между независимыми процессами. Мастер-процесс на одноплатном компьютере управляет дочерними процессами, которые могут быть написаны на разных языках программирования, а также координирует работу микроконтроллеров. Он отвечает за принятие решений на высоком уровне. Дочерние процессы управляют периферией, планируют движения, выполняют задачи ИИ и другие специализированные функции. Некоторые из них могут работать на отдельных вычислительных устройствах, таких как специализированные ускорители для ИИ. Микроконтроллеры берут на себя

функции, требующие детерминированного выполнения и временной точности, а также работу с периферией, несовместимой с одноплатным компьютером.

Разработанная архитектура обеспечивает ряд преимуществ. Гибкость и возможность адаптации системы к различным аппаратным платформам за счёт независимости отдельных процессов. Эффективное использование вычислительных ресурсов, так как процессы работают параллельно на многоядерных процессорах или отдельных вычислительных устройствах. Возможность интеграции специализированных ускорителей для ИИ, что повышает производительность и расширяет функциональные возможности системы. Переносимость алгоритмов и возможность их использования в различных робототехнических системах без значительных изменений.

На текущем этапе разработан прототип интеллектуальной распределённой системы управления с разделением вычислений между процессами на главном компьютере, дополнительными ускорителями вычислений и микроконтроллерами. Она позволит упростить разработку новых гуманоидных роботов и снизит порог входа для разработчиков.

Реализация данного проекта позволила создать универсальную платформу для управления гуманоидными роботами, отличающуюся легкой модифицируемостью и адаптируемостью под различные задачи и аппаратные конфигурации.

Список используемых источников:

1. Кудеян О.Н., Авруцкая С.Г. Роботы-гуманоиды - цифровой инструмент будущего // Вестник российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева: Гуманитарные и социально-экономические исследования. 2024. № 15-2. С. 30-37.

Пилотируемый высокоманевренный подводный планер с двигателем гибридного типа для обеспечения контроля и безопасности протяженных нефтегазовых магистралей и информационных коммуникаций, расположенных на прибрежном шельфе до глубины 60 м

Зайцева К.А., Иванов В.Р., Волчихин В.А.

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

МАИ, Москва

В предлагаемой работе представлен проект высокоманевренного подводного планера, пилотируемого экипажем в составе 2-х аквалангистов в лёгководолазном снаряжении. Планер обладает широким спектром функционального назначения для решения задач в различных отраслях промышленности и научных направлениях:

- обеспечения контроля и безопасности технических объектов по разработке нефтегазовых месторождений и информационных коммуникаций, расположенных на прибрежном шельфе до глубин 60 м;
- мониторинг окружающей среды с целью обеспечения экологической и территориальной безопасности;
- проведение научных исследований биосферы, флоры и фауны шельфовых склонов и коралловых рифов;
- обеспечение вспомогательных операций при проведении различных подводно-технических работ;
- геологическая разведка и сбор донного материала;
- обеспечение материального снабжения долгоживущих подводных станций и производственной безопасности при проведении глубоководных водолазных работ;
- проведение тренировочных занятий для подготовки водолазов, дайверов, пловцов для выполнения различных операций в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций;
- начальное обучение лётчиков-планеристов с целью получения навыков пилотирования воздушных судов;
- обеспечение тренировочных и вспомогательных операций при подготовке космонавтов с целью их адаптации к состоянию невесомости;
- обеспечение безопасности при проведении различных массовых развлекательных мероприятиях на водных акваториях.

Корпус планера открытого типа выполнен из композитного материала с применением авиационно-космических технологий и обеспечивает защиту пилотов от набегающего потока, обладая, при этом минимальным гидродинамическим сопротивлением. Силовая конструкция выполнена в виде пространственной фермы и предназначена для восприятия различных силовых нагрузок. Компоновка выполнена по схеме рядного размещения экипажа из двух пилотов в «лежачем» положении, головой в направлении движения, с возможностью беспрепятственной посадки и покидания в подводном положении. Система управления выполнена в виде штурвала самолётно-типа и продублирована для обоих пилотов. Внешний силовой каркас предназначен для размещения различного диагностирующего, контрольного, ремонтного и другого вспомогательного оборудования, используемого при проведении различного рода подводно-технических работ. Планер способен маневрировать в диапазоне глубин до 60 м. с возможностью автоматического удержания предельной глубины. Двигательно-движительный комплекс выполнен по гибридной схеме с возможностью использования как мускульной силы пилотов путем создания толкающей силы ножными ластами, так и используя электродвигатель с импеллером. При движении ластами используется синхронизатор, позволяющий пилотам создавать наибольший упор при движении, при этом, через привод от синхронизатора происходит запуск генератора, который, в свою очередь осуществляет зарядку аккумуляторной батареи (АБ). Таким образом автономность планера значительно возрастает и позволяет снизить зависимость времени работы от степени заряда АБ. Тактико-технические характеристики планера приведены в таблице.

Тактико-технические характеристики планера

Габаритные размеры, мм. 1300х900х400

Экипаж, чел. 2

Масса, кг. 10

Предельная глубина, м До 60 м.

Автономность, ч Регламентируется запасом воздуха

Скорость максимальная, узл. 2

электропривод 7

мускульный привод 5

Проект представляет собой инновационную разработку, позволяющую решать наиболее актуальные задачи в сфере энергетической и информационной безопасности на объектах сырьевой и коммуникационной инфраструктурах. Объект разработки в виде подводного планера в настоящее время находится на стадии оформления авторских прав как полезная модель.

Список используемых источников:

1. Тарас А.Е., Бешанов В.В. «Люди-лягушки: История подводных диверсионных средств и сил» // Изд-во «АСТ», 2000.

2. Ястребов В.С., Горлов А.А., Симинский В.В. «Электроэнергетические установки подводных аппаратов» // Изд-во «Судостроение», 1986.

3. Лукошков А.В. «Техника исследования морского дна» // Изд-во «Судостроение», 1986.

Основные аспекты функционирования системы управления воздушным движением на основе коротковолновой радиосвязи

Ивашко Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Дедус Ф.Ф.

МАИ, Москва

Безопасность полетов и эффективность системы управления воздушным пространством имеют решающее значение. Одним из основных возможных компонентов данной системы может являться коротковолновая (КВ) радиосвязь, которая долгое время считалась надежным способом связи в авиации. Несмотря на все достижения в области спутниковых технологий, КВ радиосвязь будет сохранять свое значение, особенно когда другие средства

связи выходят из строя или неработоспособны. В данной работе рассматриваются ключевые аспекты работы системы управления воздушным движением в отношении КВ радиосвязи.

КВ-радиосвязь (коротковолновый диапазон) определяется как диапазон частот от 3 до 30 МГц. Он соответствует длинам волн от 10 до 100 метров. Ключевой характеристикой этой системы является отражение волн от ионизированных слоев атмосферы (ионосферы). По этой причине волны могут преодолевать большие расстояния (более 4 000 км). Такое свойство делает КВ-радиосвязь ключевым элементом авиаперевозок в труднодоступных территориях, где спутниковое покрытие невелико.

Эффективность КВ-радиосвязи напрямую зависит от состояния ионосферы, на нее влияют различные факторы, такие как солнечная активность, время суток и географическое положение. Солнечные вспышки и выбросы корональной массы способны вызывать изменения плотности ионизированных частиц, составляющих ионосферу, что впоследствии влияет на характеристики распространения радиоволн.

Радиосвязь КВ начала использоваться в авиации в начале 20-го века, когда авиация только зарождалась. Она использовалась во время Первой мировой войны для координации маневров воздушных армий. После конфликта этот метод стал широко использоваться в гражданской авиации, особенно для трансатлантических перелетов, где он обеспечивал связь на больших расстояниях. Современные системы, такие как CPDLC, используют канал передачи данных «контроллер-пилот». Данный канал работает в диапазоне УКВ- и КВ-радиосвязи (при большой дальности), использование данного вида радиосвязи позволяет отправлять текстовые сообщения от пилотов диспетчерам, тем самым помогая снизить рабочую нагрузку на экипаж и минимизировать вероятность ошибок. Применение современных радиостанций позволяет существенно снизить воздействие как искусственных помех, так и помех от атмосферных условий, благодаря технологиям цифровой обработки сигнала.

КВ-радиосвязь имеет много преимуществ, но её применение сталкивается с рядом технических и организационных препятствий. Качество сигнала может меняться из-за колебаний в ионосфере и погодных условий, что может привести к обрывам связи или искажению данных. Еще одна проблема – необходимость согласовать международные нормы и частоты, так как КВ-радиосвязь работает в определенных диапазонах, которые могут пересекаться с другими службами.

Управление беспилотными летательными аппаратами (БЛА) – одно из самых перспективных направлений развития КВ-радиосвязи. Чтобы улучшить передачу команд и информации предлагается создать список стандартных команд, благодаря которым можно полноценно управлять летательным аппаратом, каждой из которых даётся особый символ, знак или код. Это поможет уменьшить объем передаваемых данных за один сеанс связи и тем самым ускорить их передачу. Такое сокращение объема особенно важно при потребности быстро отправлять команды на дальние расстояния.

Автоматизация процессов наблюдения и прогнозирования состояния ионосферы также необходимо для полноценного развития КВ-радиосвязи в настоящее время. Автоматические системы собирают и анализируют данные в реальном времени, что помогает вовремя менять параметры связи и предупреждать возможные неполадки. Это особенно важно при растущем объеме воздушного движения и необходимости обеспечения безопасности полетов.

Применение КВ-радиосвязи при должной автоматизации процесса её эксплуатации и формирование перечня команд, позволяющих полноценно управлять летательным аппаратом, может стать ключевой частью системы управления воздушным движением, не зависящей от наземной инфраструктуры и спутниковой группировки.

Список используемых источников:

1. Исаков Е. Е. Технологические проблемы построения транспортных сетей систем связи. СПб., 2004. 328 с.
2. Майстренко В. А., Хазан В. Л., Федосов Д. В. Организация систем связи континентального мониторинга // Радиолокация, навигация и связь: Тр. XI междунар. научн.-техн. конф. Т. III. Воронеж: Изд-во НПФ ООО "САКВОЕ", 2005. С. 2067-2074.

3. Майстренко В. А., Хазан В. Л., Федосов Д. В. Комбинированная КВ-УКВ сеть мобильной радиосвязи со свободным доступом пользователей // Инфоком-муникационные системы и технологии: проблемы и перспективы / Под ред. А. В. Бабкина. СПб.: Изд-во СПбГНУ, 2007. С. 169-184.

Система управления ориентацией модели космического аппарата на основе оптического преобразователя угловых перемещений

Ивлев А.А., Максимов А., Осипов М.В.

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

МАИ, Москва

Датчик положения вращающегося объекта представляет собой электромеханическое устройство, предназначенное для определения ориентации оси вращения (вала), диска или иного подобного объекта. Принцип работы заключается в преобразовании механического движения вращающегося объекта в электрические сигналы, несущие информацию об угле поворота вала, его положении и направлении вращения.

По способу получения информации энкодеры классифицируются на абсолютные (позиционные) и накапливающие (инкрементальные).

Абсолютные энкодеры обладают преимуществом более точного определения углового положения вала в любой момент времени работы системы, что обусловлено их высокой разрешающей способностью.

В рамках данного проекта разработан макет системы управления ориентацией, имитирующий работу космического летательного аппарата, для достижения точного углового позиционирования. Основная задача проекта – создание прототипа, способного отслеживать и корректировать своё положение в пространстве, опираясь на показания углового энкодера и заданное пользователем значение.

Для определения текущего углового положения разработан блок на основе светодиодов, кодирующей маски и фотодиодов, регистрирующих освещенность от внешнего источника. Каждый из этих компонентов выполняет свою функцию для точного определения и достижения заданного углового положения.

Кодирующая маска составлена таким образом, чтобы освещение, проходящее через неё, формировало уникальную кодовую комбинацию, представляющую угол поворота, с помощью преобразования в код Грея.

Заданное угловое положение устанавливалось с помощью набора переключателей, представляющих значение угла в двоичном коде.

Система построена на базе микроконтроллера ESP32-WROOM-32, выбранного за его высокую вычислительную мощность, поддержку ШИМ и возможность беспроводной связи. Для управления движением макета использовался электродвигатель и драйвер.

Программно реализован алгоритм преобразования кода Грея в двоичный код для корректного определения текущего положения, а также разработан ПИД-регулятор, который обеспечивает точное и плавное управление скоростью и направлением вращения двигателя, минимизируя погрешность между текущим и заданным положением. Коэффициенты для ПИД-регулятора определены экспериментально-опытным путем.

На завершающем этапе проведены тестовые испытания макета, в ходе которых подтверждена его работоспособность и точность в заданном диапазоне угловых перемещений. Данная модель обеспечивает точность измерения угла, с погрешностью менее 1 градуса.

Список используемых источников:

1. Системы управления летательными аппаратами: Учебник/Под общей редакцией Г.Н.Лебедева. – М.:Изд-во МАИ,2007 – 756 с.:ил.

Разработка и исследование системы измерения давления в гидромагистральных летательного аппарата

Кадырова К.Н., Раменский В.Л.

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

Гидравлическая система летательного аппарата предназначена для питания рабочей жидкостью различных её потребителей, она обеспечивает питание всех гидроагрегатов. Контроль за работой такой системы осуществляется манометрами и измерителями давлений. Поэтому в настоящее время разработка устройств для контроля давления жидких и газовых сред в различных бортовых системах летательного аппарата имеет важное научно-техническое значение.

Целью данной работы является разработка системы измерения давлений в гидромагистральных летательного аппарата типа вертолёт и исследование её технических показателей.

В докладе на основании анализа литературных источников и патентной информации приводится общая характеристика гидравлической системы вертолета, как с активным, так и с пассивным резервированием. Рассмотрены методы измерения давления жидких и газовых сред. Изучены назначение и принцип действия датчиков давления. Исследованы конструктивные и технологические решения относительно датчиков первичной информации, применяемых при измерении давлений. На основе этих исследований спроектирован датчик, измеряющий давление в гидравлических системах летательного аппарата типа вертолет. Проанализированы погрешности спроектированного датчика, а также подготовлены мероприятия по снижению основных причин этих погрешностей. Рассчитаны основные технические показатели спроектированного датчика давления.

Материалы, доложенные в данном докладе, могут иметь значение не только в летательных аппаратах типа вертолет, но и в других летательных аппаратах.

Список используемых источников:

1. Общие сведения и конструкция гидравлической системы и системы управления вертолетом МИ-8: учебное пособие / Киселев Д.Ю., Киселев Ю.В., Акифьев В.И. [и др.]. – Самара: СГАУ, 2014 г. – 72 с., ил.

2. Боднер В.А. Приборы первичной информации: учебник для авиационных вузов – М.: Машиностроение, 1981 – 344 с., ил.

Разработка малогабаритного прибора звёздной ориентации для астроинерциальной навигационной системы

Киселёв Д.А.

Научный руководитель — д.т.н. Бессонов Р.В.
ИКИ РАН, Москва

В настоящее время актуальной задачей является повышение точности автономных систем навигации летательных аппаратов. В системах управления летательными аппаратами в качестве автономных средств навигации чаще всего выступают инерциальные навигационные системы. Однако, данные системы обладают рядом недостатков, в первую очередь связанными с накоплением ошибки определения навигационных параметров в течение времени.

Повышение точности инерциальных навигационных систем достигается путем их совместного использования с другими навигационными приборами, например, с приборами звездной ориентации – устройствами, которые предназначены для определения угловой ориентации связанной системы координат в инерциальной системе координат. Совместное использование инерциальных систем и приборов звездной ориентации позволяет определять и учитывать в дальнейших вычислениях ошибки счисления угловой скорости и координат инерциальными системами, ошибки горизонтирования и смещения нуля чувствительных элементов.

Данная работа посвящена разработке прибора звёздной ориентации для астроинерциальной системы. Особенностью данного прибора является то, что в нём реализована идея построения звездного датчика на промышленных компонентах: промышленной камере и отечественном микропроцессорном модуле DS-RK3568-EVB. Использование промышленных компонентов для разработки прибора звездной ориентации имеет свои особенности, связанные с калибровкой прибора, настройкой его оптических параметров на динамическом имитаторе звездного неба, а также с реализацией программного обеспечения прибора на процессорном модуле.

Целью данной работы является разработка системного программного обеспечения прибора, апробация математических алгоритмов определения угловой ориентации летательного аппарата на промышленных компонентах, а также моделирование работы прототипа прибора на динамическом имитаторе звездного неба.

В работе описан алгоритм вычисления параметров угловой ориентации и угловой скорости летательного аппарата. Приведена циклограмма работы прибора звездной ориентации с описанием логики его работы. Разработанное программное обеспечение реализовано на трёх вычислительных ядрах процессора. Прототип прибора звездной ориентации обеспечивает выдачу навигационных параметров с частотой 4 Гц в базовом режиме работы.

Результаты тестирования работы прибора звездной ориентации для астроинерциальной системы отображены в виде графиков изменения углов ориентации (прямого восхождения, склонения и азимута) и угловой скорости летательного аппарата, которые были построены при моделировании процесса работы прибора на динамическом имитаторе звездного неба.

Список используемых источников:

1. Бессонов, Р. В. Звёздные датчики ориентации в астроинерциальных системах летательных аппаратов / Р. В. Бессонов, Е. В. Белинская, Н. Н. Брысин, С. В. Воронков, А. Н. Куркина, А. А. Форш // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, вып. 6. – С. 9-20.
2. Аванесов, Г. А. Особенности измерения координат звёзд оптико-электронными приборами с различными угловыми расширениями / Г. А. Аванесов, Р. В. Бессонов, П. С. Сметанин, О. В. Филиппова, Я. Д. Эльяшев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, вып. 6. – С. 39-47.

Система мониторинга и прогнозирования флаттера для обеспечения надежности элементов конструкции летательного аппарата

Коробкова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Макаренко Н.А.

МАИ, Москва

Элементы конструкции планера летательного аппарата (далее – ЛА) в процессе полета испытывают различные виды нагрузок. Наиболее опасными из них являются динамические нагрузки, которые могут привести к возникновению самовозбуждающихся колебаний элементов конструкции, возникающих в результате взаимодействия аэродинамических, упругих и инерционных сил (флаттер). Возникновение указанного эффекта приводит к неконтролируемой вибрации элементов конструкции и угрозе разрушения планера или силовой установки ЛА. Если не остановить автоколебания, силы, вызванные вращением, приведут к разрушению конструкции. Когда частоты различных колебательных мод конструкции (например, изгиба и кручения) при увеличении скорости совпадают, возникает флаттерный резонанс. Это приводит к образованию единой, неустойчивой моды колебаний на частоте флаттера. Флаттер мешает эксплуатации не только ЛА (самолетов, вертолетов, ракет, беспилотных ЛА), но и зарегистрирован в элементах конструкции наземных, наводных и подводных объектов. Флаттер является опасным явлением, которое может привести к разрушению конструкции. Время от начала его возникновения до разрушения, как правило, не превышает нескольких секунд. Существующие методы противодействия флаттеру недостаточно эффективны и приводят к существенному утяжелению и удорожанию объекта.

Интерес представляют методы, позволяющие реализовать мониторинг и прогнозирование возникновения флаттера, передачи результатов мониторинга в систему управления ЛА или иного объекта, с целью изменения режима его функционирования для предотвращения катастрофических последствий.

Анализ на отсутствие флаттера необходим для тех частей ЛА, которые имеют форму аэродинамического профиля. В частности, панельный флаттер возникает на поверхностях без достаточной жесткости. Флаттер вихревого потока двигателя представляет собой неустойчивость прецессионного типа, возникающую в системах с гибким креплением двигателя, характеризующуюся сложным взаимодействием упругих свойств крепления, гироскопических моментов двигателя и собственных частот колебаний несущей конструкции. Крутильный флаттер на крыльях возникает при высоких нагрузках, близких к срыву.

От своевременного обнаружения изменений технического состояния планера ЛА зависит безопасность пилотов и пассажиров.

Система прогнозирования возникновения флаттера предназначена для мониторинга технического состояния конструктивных параметров планера ЛА и силовой установки с целью контроля за отсутствием флаттера, усталостных напряжений от перегрузок в полете, при взлете и посадке, которые могут привести к общему повреждению конструкции планера ЛА, случайным повреждениям посторонними предметами.

Волоконно-оптические датчики, используемые в системе, помимо высокой чувствительности имеют ряд положительных свойств, к которым относятся безопасность, способность работы в широком диапазоне температур, сильных электромагнитных полей, агрессивных, пожароопасных средах, возможность вынесения электронной схемы обработки сигналов за пределы контролируемой зоны и прочее.

Система мониторинга и прогнозирования возникновения флаттера содержит набор чувствительных элементов, интегрированных в волоконные световоды, дополнительные пассивные оптические элементы и микропроцессорный блок обработки информации, включающий в свой состав источники оптического излучения с перестраиваемой длиной волны, приемники оптического излучения, узлы регистрации оптических сигналов, узлы обработки информации, микроконтроллер для обработки измерительной информации, мониторинга и прогнозирования флаттера, интерфейсы.

Волоконные световоды закрепляются на внутренней поверхности планера ЛА, в местах, в которых возможно возникновение критичных нагрузок, дефектов, трещин (в частности, крыльях, фюзеляже, местах соединения крыльев с фюзеляжем, крыльев с двигателями). В связи с тем, что сигнал зависит не только от линейной деформации, но и от температуры, чувствительные элементы используются парами. Один используется для измерения величины деформации, а второй – для компенсации температурной погрешности. Резонансные свойства каждой пары чувствительных элементов настраиваются на определенную длину волны оптического излучения. Считывание информации с набора чувствительных элементов осуществляется с помощью источников оптического излучения с перестраиваемой длиной волны и приемников оптического излучения. Интерфейсы используются для подключения системы мониторинга и прогнозирования флаттера к бортовому компьютеру ЛА, выдачи измерительной информации пилотам и наземным эксплуатирующим службам.

Своевременное информирование пилотов позволит предупредить о возникновении критичных и близких к аварийным режимам полетов, высоких статических и динамических нагрузках, выдать информацию наземным службам о техническом состоянии планера ЛА и необходимости проведения внеочередного технического обслуживания или диагностики, что в конечном счете позволит повысить эксплуатационную надежность ЛА, безопасность полетов, экипажа и пассажиров.

Список используемых источников:

1. Леонов Г.А., Кузнецов Н.В. О подавлении флаттера в модели Келдыша // ДАН. 2018. Т. 482, №. 1.

2. Hoa L.T. Flutter Instability of Cable-stayed Bridges. Vietnam National University Hanoi. 2008.

Исследование влияния на точность измерения магнитного курса использования группы MEMS-магнитометров

Крупчинский И.В.

Научный руководитель — Рябинкин М.С.

МАИ, Москва

В настоящее время активно применяются беспилотные аппараты в различных сферах жизни человека. Зачастую беспилотные летательные аппараты используются для исследования окружающей среды и геологических исследований; беспилотные колесные роботы – для курьерской доставки и охраны выделенной территории, например, аэродромов; необитаемые подводные аппараты применяются для мониторинга акваторий и контроля целостности нефтепровода.

Ядром навигационного комплекса таких аппаратов является бесплатформенная инерциальная навигационная система. Главным преимуществом такой системы является автономность работы, но недостаток заключается в накоплении погрешности, в связи с чем необходимо применять различные корректоры для уменьшения ошибок навигационного решения. В работе рассматривается группа магнитометров, как корректор курса.

Магнитометр позволяет определить направление линий магнитной индукции и величину индукции магнитного поля в рассматриваемой точке. На сегодняшний день существует множество принципов действия магнитометров, в случае этой работы рассматривается магниторезистивный.

Широкое распространение получили микроэлектромеханические (MEMS) магнитометры благодаря малым габаритам, низкому энергопотреблению и высокой частоте выдаваемой информации, в связи с этим они нашли применение даже в самых малогабаритных объектах и смартфонах. Но у MEMS магнитометров имеется существенный недостаток в виде низкой точности работы. Таким образом, актуальной задачей является повышение точности измерений различными способами.

В данной работе целью является исследование работы группы магниторезистивных MEMS магнитометров. Исследование сопровождается решением задач объединения нескольких магнитометров в группу, разработки метода калибровки и реализации алгоритма усреднения. В результате исследования получена оценка погрешности измерений магнитного курса при работе различных групп MEMS магнитометров.

Список используемых источников:

1. Magnetometer // Wikipedia.org URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetometer> (дата обращения: 11.02.2025).

2. С. Монк Прографируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. - СПб.: Питер, 2017. - 251 с.

3. How to Use QMC5883L Magnetometer: Examples, Pinouts, and Specs // Circuit Designer URL: <https://docs.circuitdesigner.com/component/ac9b16d1-cf94-4d75-9613-27ba7925097a/qmc5883l-magnetometer> (дата обращения: 11.02.2025).

4. Interfacing the Magnetometer GY-273 with Arduino // FlyRobo URL: <https://www.flyrobo.in/blog/magnetometer-gy273> (дата обращения: 11.02.2025).

Имитационная модель бокового движения воздушного судна с распределённой силовой установкой в режиме висения

Куковинец А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Чекин А.Ю.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

В 2020 году за рубежом, в основном в странах Евросоюза и США, началась активная работа по сертификации электрифицированных воздушных судов вертикального взлёта и посадки, разрабатываемых в рамках развития городской аэромобильности. Концепция

одновременного пребывания в воздухе большого количества воздушных судов усложнила задачу обеспечения безопасности полётов и привела к необходимости повышения отказобезопасности силовой установки и системы управления таких объектов. В большинстве проектов коммерческих воздушных судов указанного типа применяется распределённая силовая установка, однако отрасль является молодой, поэтому задача отказоустойчивого управления проработана недостаточно, что обуславливает актуальность исследований в области разработки систем управления полётом.

В качестве двигателей часто [1] применяются канальные вентиляторы/импеллеры, находящиеся на валу электрического двигателя. В работе рассматривается класс воздушных судов, в состав силовой установки которых входит множество (несколько десятков) двигателей, а также приводы, позволяющие изменять направление сил тяги. Одной из особенностей является структурная избыточность силовой установки, которая позволяет выполнять оптимизацию стратегии управления.

В соответствии с применяемой в настоящее время нормативной документацией не допускается полное исключение пилота из контура управления. Поскольку человек не способен выполнять прямое непрерывное управление более чем по четырём каналам, возникает необходимость в разработке алгоритмов автоматической стабилизации линейных и угловых скоростей, углового положения, параметров силовой установки воздушного судна под влиянием внешних воздействующих факторов и возникающих отказов. При этом пилот управляет воздушным судном по следующим параметрам: высота относительно земной поверхности, курсовой угол, боковое и продольное отклонение от заданной точки. В настоящей работе не рассматривается задача формирования траектории движения, которая должна решаться траекторным контуром.

Матрицы динамики и управления, получаемые в результате линеаризации модели движения воздушного судна, имеют высокую размерность, а число элементов матрицы динамики может достигать сотен единиц. Ключевая роль в конструировании законов управления подобными объектами отводится выбору метода управления. Для объекта, рассматриваемого в настоящей работе, синтезирован линейно-квадратичный регулятор, позволяющий стабилизировать боковое движение полученной многосвязной ММО-системы (Multi Input Multi Output) в режиме висения.

Путём проведения имитационного моделирования определено, что разработанный регулятор позволяет компенсировать отказ одного двигателя в режиме висения за счёт перераспределения управляющих воздействий между исправными элементами силовой установки.

Список используемых источников:

1. Ugwueze O., Statheros T., Bromfield M., Horri N. Trends in eVTOL aircraft development: the concepts, enablers and challenges // AIAA SciTech 2023 Forum. AIAA 2023-2096, American Institute of Aeronautics & Astronautics, AIAA Scitech 2023 Forum, Maryland, United States, 23/01/23. <https://doi.org/10.2514/6.2023-2096>.

Анализ переходных процессов одноосной системы ориентации и стабилизации с использованием магнитных исполнительных органов

Лазарев Н.Д.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Игнатов А.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Управление ориентацией космического аппарата имеет важное значение в функционировании аппаратуры в том числе для обеспечения электроснабжения, корректной работы полезной нагрузки и эффективной работы систем связи. Предлагаемая при рассмотрении магнитная система ориентации (далее СОС-МК) при правильной настройке её алгоритмов может быть достаточно эффективна для малых КА, таких как кубсат (англ. Cubesat), ввиду своей простоты разработки и надёжности. В работе рассматривается работа алгоритмов одноосной СОС-МК.

Управляющий момент формируется на основании пропорционально-дифференциального регулятора входными параметрами которого служат невязка между текущей и требуемой ориентацией и угловая скорость космического аппарата.

Под вектором требуемой ориентации может подразумеваться вектор-направление на Солнце, Землю, вектор магнитной индукции или любой другой вектор, с которым должна совпасть, например, одна из осей аппарата.

Требуемый управляющий момент преобразуется в магнитный момент выдаваемый на катушки через векторное произведение с магнитной индукцией внешнего поля. Требуемый и реальный управляющие моменты совпадать в общем случае не будут из-за ограничений векторного произведения, чем ставят основную проблему в формировании алгоритмов СОС-МК [1].

В работе были рассмотрены следующие алгоритмы

1. Описанный выше ПД-регулятор. При работе регулятора накладывалось ограничение на допустимый угол между требуемым и реальным управляющими моментами, при превышении которого управляющий момент не выдавался [2].

2. Управление с прогнозированием [3]. Комбинация магнитных исполнительных органов, подлежащих включению, выбирается путём перебора. Критерием выбора является минимизация рассогласования между текущим и требуемым положением в пространстве спустя заданное время, которое определяется посредством прогноза (интегрирования).

Проведен сравнительный анализ переходных процессов в зависимости от ограничений, накладываемых на угол между векторами управляющего момента и в зависимости от соотношения пропорционального и дифференциального коэффициентов алгоритма. Под переходным процессом подразумевается процесс переориентации КА из начального положения в требуемое конечное положение.

Сравнение классического алгоритма и дискретного алгоритма с прогнозированием показало превосходство последнего, как более устойчивого.

В работе проведён анализ переходных процессов в зависимости от массогабаритных характеристик космического аппарата.

Список используемых источников:

1. Овчинников М.Ю., Пеньков В.И., Ролдугин Д.С., Иванов Д.С. Магнитные системы ориентации малых спутников. М.: ИПМ им.М.В.Келдыша, 2016. 366 с. doi:10.20948/mono-2016-ovchinnikov.

2. Игнатов А.И., Сазонов В.В. Стабилизация режима солнечной ориентации искусственного спутника Земли электромагнитной системой управления. Космические исследования, 2018 г., том 56, №5 с. 375 – 383.

3. Silani E., Lovera M. Magnetic spacecraft attitude control: a survey and some new results // Control Engineering Practice, 2005, vol. 13, no. 3, pp. 357–371.

Система управления сетью роботизированных устройств на основе распределённых TCP-серверов с использованием мобильной связи

Ларькин А.В., Антонов И.М., Козичев К.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чегоданов В.Б.

МАИ, Реутов

Проект направлен на создание программно-аппаратного комплекса для управления роём роботизированных устройств, обеспечивающего надёжное взаимодействие между устройствами в распределённой сети. В основе системы лежит иерархическая архитектура, включающая главный сервер, центры управления роём (ЦУР), узлы (узлы хранения дронов) и роботизированные единицы. Каждый компонент системы обладает уникальным идентификатором, что позволяет эффективно координировать работу большого количества устройств и масштабировать сеть для задач мониторинга.

Для передачи данных между участниками сети используется протокол TCP, гарантирующий надёжность соединения. Сообщения форматируются в структурированный пакет, содержащий идентификаторы отправителя и получателя, флаги состояния (запросы,

ошибки, наличие данных), а также два типа информации: быструю (8 байт для срочных команд) и длинную (произвольный объем для сложных задач).

Управление роботизированных устройств реализовано через мобильную сеть 4g с возможностью подключаться и к более старым видам связи. Управлять устройствами возможно с различных гаджетов. Основой управления являются файлы инструкции (которые могут заранее вписаны в код программ/сайтов). Каждое РЕ уже знает какими инструкциями оно может управляться и при подключении к ЦУРу отправляет имя файла управления, что позволяет понять участником сети статус совместимости.

Проект предлагает масштабируемый программно-аппаратный комплекс для управления роем роботов с иерархической архитектурой, надёжной TCP-связью и поддержкой 4G. Универсальность обеспечивается кроссплатформенным управлением и автоматической проверкой совместимости через файлы инструкций. Решение подходит для мониторинга в логистике, безопасности и экологии, с потенциалом интеграции IoT и ИИ.

Список используемых источников:

1. MTI Systems. RFC 9293. Transmission Control Protocol (TCP). August 2022.
2. J. Post . ISI. RFC 768 .User Datagram Protocol (UDP). 28 August 1980.
3. SIMCOM. SIM900_Hardware_Design_V2.00. 2010-12-15.
4. SIMCOM. SIM7600_Hardware_Design_V2.00. 2020.8.6.

Применение рекуррентных нейронных сетей в навигационных комплексах

Лебедев К.В.

Научный руководитель — Кузнецов И.М.

МАИ, Москва

Одним из относительно новых и потенциально перспективных подходов к построению алгоритмов навигационных комплексов (НК) можно считать применение методов искусственного интеллекта для прогнозирования параметров ориентации и навигации подвижного объекта с использованием временных рядов.

Ввиду того, что данные, используемые для подготовки обучающих датасетов (показания акселерометров, датчиков угловых скоростей (ДУС), приёмника глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и других подсистем НК) можно классифицировать, как временные ряды, в силу популярности используемого для решения такой задачи подхода с применением рекуррентных нейронных сетей [1], было принято решение в рамках доклада исследовать применение подобных нейросетей в качестве составного компонента НК подвижного объекта.

В докладе приводится исследование процесса подготовки, анализа и прогнозирования навигационных параметров подвижных объектов с помощью инструментов машинного обучения.

С целью реализации предлагаемого подхода в рамках доклада на первом этапе работ была осуществлена генерация синтетических данных для моделирования временных рядов, включающая линейные тренды, синусоидальные компоненты и случайный шум. В дальнейшем были созданы и обучены модели машинного обучения на основе рекуррентных нейронных сетей (RNN) и LSTM (Long Short-Term Memory) для прогнозирования дальнейших значений временного ряда.

На основе синтетически созданных наборов данных были подготовлены обучающая, валидационная и тестовая выборки с применением временных окон, представляющих собой трёхмерные массивы данных и характеризующиеся опорными данными за несколько предыдущих временных шагов с целью прогнозирования последующего значения, при этом временной сдвиг относительно опорных данных может быть задан в таких окнах.

Оценка результатов работы моделей проводилась с помощью числового и визуального анализа, а также методов обратного тестирования. По результатам анализа было принято решение о проведении дальнейших исследований с использованием обучающих датасетов, сформированных на основе данных, полученных в ходе проведенных испытаний – проездов с использованием мобильной лаборатории [2].

В докладе представлены результаты, отражающие работоспособность предложенного подхода и его потенциальную применимость на подвижных объектах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-20304, <https://rscf.ru/project/24-29-20304/>.

Список используемых источников:

1. Исследование влияния нейросетевых структур на характеристики интегрированной навигационной системы / И. М. Кузнецов, К. К. Веремеенко, М. В. Жарков, А. Н. Пронькин // *Авиация и космонавтика: тезисы 21-ой международной конференции*, Москва, 21–25 ноября 2022 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Издательство «Перо», 2022. – С. 232-233. – EDN RNRKBC.

2. Веремеенко К.К., Кузнецов И.М., Жарков М.В., Пронькин А.Н., Зимин Р.Ю. Навигационные комплексы беспилотных авиационных систем с модулями искусственного интеллекта // XXXI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам Сборник докладов. – СПб.: Государственный научный центр Российской Федерации АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2024. – С. 101-105.

Разработка алгоритма контроля блока обработки бортовой информационно-управляющей системы

Лозовский А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кананадзе С.С.

МАИ, Москва

Контроль работоспособности блоков информационно-управляющей системы имеет большое значение для безопасности полётов летальных аппаратов.

В данной работе разработан алгоритм контроля блока обработки бортовой информационно-управляющей системы, который основан на применении экспертной системы для определения существующих и потенциальных неисправностей узлов летательного аппарата [1].

В системах летательных аппаратов используются датчики и исполнительные устройства, информация с которых поступает в комплекс бортовой системы технического обслуживания (БСТО), и затем на устройства вывода визуальной информации. Разработанный алгоритм определяет неисправности системы за счёт анализа данных, поступающих с различных датчиков, что позволяет расширить возможности БСТО.

Алгоритм может работать как в составе БСТО, так и на отдельном устройстве, которое можно подключить к БСТО. В качестве исходных данных в экспертную систему заносятся параметры датчиков и исполнительных устройств, которые используются в информационно-управляющей системе.

Согласно алгоритму, в каждый момент времени определяется состояние датчиков и исполнительных устройств. Основываясь на заложенных в экспертную систему знаниях и правилах [2], алгоритм позволяет в реальном масштабе времени оценивать корректность работы системы, определять непротиворечивость обрабатываемых данных, а в случае обнаружения ошибок сообщать о них пилоту.

В качестве примера работы алгоритма можно рассмотреть следующую ситуацию: самолёт летит в режиме крейсерского полёта, у него заleden датчик скорости, из-за чего значения с него начали уменьшаться, одновременно с этим показания с датчика высоты не уменьшаются. Алгоритм определит противоречие в данных и предложит пилоту увеличить мощность двигателей, чтобы не допустить сваливания. После увеличения мощности, показания с датчика скорости продолжат уменьшаться, а высота увеличится. На основе этих данных алгоритм сделает вывод, что неисправность в датчике скорости, о чём передаст информацию пилоту с помощью устройства вывода.

В рассмотренном примере алгоритм определил противоречие информации с датчиков и предложил пилоту способ определения неисправности. После увеличения мощности двигателей экспертная система на основе данных алгоритма сделает вывод, что неисправность может быть в датчике скорости. Таким образом, алгоритм, работающий в

составе экспертной системы, обнаружил возможную неисправность, предложил пилоту оптимальный способ проверки, после чего сообщил о найденной неисправности. Это позволяет пилоту быстрее получать информацию, необходимую для обеспечения безопасности полёта.

Список используемых источников:

1. Борисов В.В., Бобряков А.В., Мисник А.Е. Экспертные системы – Смоленск: Унивирсум, 2021. – 110 с.
2. Морозова В. А., Паутов В. И. Представление знаний в экспертных системах: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 120 с.

Генетический алгоритм калибровки магнитного компаса измерительно-информационной системы беспилотного аппарата

Матюшенко Р.В.

Научный руководитель — Савкин А.В.

МАИ, Москва

Беспилотные аппараты (БА) нашли широкое применение в различных отраслях экономики, включая авиационный и морской транспорт, сельское хозяйство. Основным источником параметров навигации и ориентации измерительно-информационной системы (ИИС) БА многих типов, как правило является инерциальные навигационные системы (ИНС), отличающиеся от прочих навигационных средств высокой степенью автономности и надежности, однако, обладающие свойством накапливать погрешности параметров ориентации и навигации. Для компенсации погрешностей ИНС в качестве одного из корректоров может использоваться магнитный компас (МК) [1].

МК определяет разности между магнитным пеленгом и курсовым углом ориентира – магнитный курс. Для проведения калибровки МК проводятся девиационные работы, которые представляют собой комплекс мероприятий, направленных на решение задачи оценивания и компенсации погрешностей, вызванные внешними и внутренними возмущающими воздействиями. Применение генетических алгоритмов является одним из вариантов решения задачи компенсации погрешностей МК. Генетические алгоритмы позволяют найти решение сложных экстремальных задач, характеризующихся большим количеством переменных и локальных экстремумов, основываясь на принципах естественного отбора и генетики [2-3].

Целью проведённого исследования являлся анализ свойств генетического алгоритма, применяемого при проведении девиационных работах МК в составе ИИС БА. Характерной особенностью алгоритма – использование элитизма (несколько лучших решений (элитных) автоматически переходят в следующее поколение) и гиперболического уменьшения шага мутации.

В исследовании проанализированы существующие методы калибровки и компенсации погрешностей МК. Проведена адаптация генетического алгоритма для обработки данных МК, а также разработаны методика и программно-математическое обеспечение для оценки свойств синтезированного алгоритма. Также был проведен сравнительный анализ по времени сходимости алгоритмов с традиционными методами (метод наименьших квадратов и рекуррентный метод наименьших квадратов).

В докладе приведены результаты исследования генетического алгоритма с использованием элитизма и гиперболического уменьшения шага мутации при проведении девиационных работах МК в составе ИИС БА.

Список используемых источников:

1. Чехов, Е. Л., Антонов, Д. А., Колганов, Л. А., Савкин, А. В. Magnetometer Calibration Using Genetic Algorithms // SpringerLink [Электронный ресурс]. – DOI: 10.1007/s11042-020-10132-w. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/344605323>.
2. Кошев, А. Н., Салмин, В. В., Генералова, А. А., Бычков, Д. С. Разработка генетического алгоритма с адаптивными мутациями для определения глобального

экстремума функции n -переменных // Наукoведение. – 2016. – Т. 8, № 6. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/32TVN616.pdf>.

3. Богданов, М. Д., Рудинский, И. Д. Использование генетического алгоритма для решения задачи поиска оптимального пути // Информационные технологии и математическое моделирование. – 2019. – УДК 004.89. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-geneticheskikh-algoritmov-k-zadacham-optimizatsii>.

Применение метода «гибких» кинематических траекторий в задаче автоматической посадки квадрокоптера

Мелюков С.А.

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

МАИ, Москва

Метод «гибких» кинематических траекторий представляет собой передовой подход для решения задач управления движением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1], таких как квадрокоптеры, особенно в сложных сценариях взаимодействия. Одной из наиболее актуальных и технически сложных задач является посадка квадрокоптера на подвижную платформу, например на другой квадрокоптер, что требует высокой точности, стабильности и адаптивности алгоритмов управления. Данный метод обеспечивает создание плавных траекторий движения, которые могут динамически корректироваться на основе обратной связи, что делает его идеальным решением для данной задачи [2].

Процесс реализации метода в задаче посадки квадрокоптера можно разделить на несколько ключевых этапов. На первом этапе формируется начальная траектория сближения, которая определяет движение квадрокоптера от его текущего положения до зоны посадки. Данная траектория должна быть максимально плавной, чтобы минимизировать энергетические затраты и предотвратить резкие изменения направления движения. Второй этап предполагает динамическую корректировку траектории на основе данных, получаемых с различных датчиков, таких как камеры [3], лидары, спутниковые навигационные системы и т. д. Это позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям, например, если объект, на котором находится платформа маневрирует. Третий этап заключается в замедлении квадрокоптера перед посадкой, где вертикальная и путевая скорости постепенно уменьшаются до нуля для «мягкого» приземления.

Метод «гибких» кинематических траекторий обладает рядом значительных преимуществ. Во-первых, он обеспечивает высокую плавность движения, что критически важно для сохранения стабильности системы при посадке на подвижные платформы. Во-вторых, метод демонстрирует отличную адаптивность, позволяя корректировать траекторию в реальном времени в зависимости от изменений окружающей среды или состояния целевого объекта. В-третьих, использование данного метода обеспечивает высокую точность следования за подвижной платформой, что особенно важно для успешной посадки. Метод оптимизирует потребление энергии, что имеет большое значение для автоматических систем, работающих ограниченное время без внешнего источника питания.

Однако метод «гибких» кинематических траекторий имеет некоторые ограничения, которые следует учитывать при его применении. Основным ограничением является вычислительная сложность, так как пересчет траектории может требовать значительных ресурсов, особенно при необходимости частой корректировки. Кроме того, точность метода напрямую зависит от качества данных, полученных с датчиков, что делает их выбор и фильтрацию критически важными аспектами реализации.

Апробация синтезированного алгоритма автоматического управления посадкой квадрокоптера в рамках математического моделирования показала его высокую эффективность. Алгоритм позволяет квадрокоптеру точно следовать за подвижной платформой, даже при наличии внешних возмущений, таких как ветер или турбулентность. Плавность траектории позволяет минимизировать колебания системы во время выполнения маневра, что существенно повышает общую надежность и безопасность процесса посадки.

Таким образом, метод «гибких» кинематических траекторий в задаче посадки квадрокоптера на подвижную платформу обеспечивает высокую точность, стабильность и энергоэффективность, что открывает новые возможности для развития технологий автоматических систем и их применения в различных областях человеческой деятельности.

Список используемых источников:

1. Сергеев А. А., Филимонов Н. Б. Управление маневром беспилотного летательного аппарата при посадке на подвижную платформу методом «гибких» кинематических траекторий // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 9. С. 803–812.
2. Филимонов Н. Б., Сергеев А. А. Синтез алгоритма управления вертикальным посадочным маневром БПЛА методом гибких кинематических траекторий // J. of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 17–2. С. 150–156.
3. Мелюков С.А., Фомичев А.В. Автономная система посадки беспилотного летательного аппарата мультироторного типа с применением технологии технического зрения // Автоматизация и информатизация ТЭК. 2025. № 1(618). С. 25–34.

Методика формирования очередности захода на аэродром Внуково с Восточного направления с использованием технологических возможностей КСА УВД Синтез АР-4

Мозжухин Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.и.н. Нечаев В.Н.

МГТУ ГА, Москва

Диспетчерское обслуживание воздушного движения в Московской зоне полетной информации (РПИ) играет важнейшую роль в обеспечении безопасности и эффективности полетов в воздушном пространстве Российской Федерации. Московская зона является одной из самых загруженных в мире, поскольку через неё проходит около 60% всех авиационных операций страны. В данном РПИ расположено более 100 аэродромов, а также ключевые маршруты, соединяющие Россию с зарубежными странами. В последние годы структура воздушного движения претерпела значительные изменения, что создало дополнительные вызовы для диспетчерского состава.

Одной из важных проблем в условиях возросшей плотности воздушного потока стала необходимость формирования очередности захода на посадку. Из-за слияния потоков с южного и восточного направлений, значительная нагрузка ложится на сектора, обслуживающие воздушное движение с восточного направления, такие как «Горький 12» и «Горький 345». Особенно сложной задачей для диспетчеров этих секторов является организация безопасного формирования очередности захода на посадку при высоком уровне воздушного трафика, что требует интеграции новых технологических решений.

Одним из таких решений является внедрение процедур непрерывного снижения (Continuous Descent Operation, CDO). Эта технология, рекомендованная Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), позволяет значительно снизить нагрузку на диспетчерский персонал и повысить безопасность воздушного движения. Преимущества CDO включают уменьшение расхода топлива, снижение уровня шума и загрязняющих выбросов, а также минимизацию вероятности конфликтных ситуаций в воздухе.

Потоки ВС, поступающие с юга и востока, требуют особого внимания, так как их слияние может привести к перегрузке диспетчерских секторов. Один из ключевых факторов, влияющих на создание безопасной очередности захода на посадку, — это оценка интервалов для воздушных судов, следующих на общую точку маршрута. Важно обеспечить минимально безопасный интервал, как по высоте, так и по расстоянию, между самолетами, чтобы предотвратить их опасное сближение.

Для решения этих задач активно используются современные средства автоматизации, такие как система «СИНТЕЗ АР-4», которая интегрирует информацию о воздушной обстановке, планах полетов и метеорологических данных. Это позволяет диспетчерам более эффективно управлять воздушным движением, снижая количество рутинных операций и повышая точность принятия решений.

В условиях высокой интенсивности потока на секторах «Горький 12» и «Горький 345» важной задачей является минимизация конфликтных ситуаций, возникающих из-за слияния воздушных потоков. Система «СИНТЕЗ АР-4» позволяет оперативно отслеживать и прогнозировать возможные конфликты на общих точках маршрутов, таких как URIDU, и обеспечивать корректировку очередности захода с учётом различных факторов — скорости, типа воздушного судна и метеоусловий.

Однако даже при высоком уровне автоматизации существует необходимость в дополнительной оптимизации процессов управления воздушным движением. Применение процедур CDO может существенно снизить вероятность конфликтов и повысить пропускную способность секторов, позволяя перераспределять воздушные потоки таким образом, чтобы снизить нагрузку на диспетчеров и обеспечить безопасность воздушных судов. Например, перераспределение части потока, следующего во Внуково, по параллельному маршруту с использованием CDO позволит избежать перенапряжения на стандартных маршрутах прибытия и улучшить общую эффективность работы воздушного пространства.

CDO представляет собой метод захода на посадку, при котором воздушное судно снижается с крейсерского эшелона до точки входа в глиссаду с постоянным углом снижения (3°). Этот метод позволяет минимизировать потребление топлива, уменьшить выбросы загрязняющих веществ и снизить уровень шума в районе аэропорта. Внедрение CDO в Московской зоне, особенно на маршрутах, ведущих во Внуково, будет способствовать оптимизации очередности захода, что позволит не только повысить безопасность, но и улучшить экологические и финансовые показатели.

Особое внимание следует уделить интеграции CDO в системы автоматизации управления воздушным движением, такие как «СИНТЕЗ АР-4». Использование данных систем позволит диспетчерам эффективно контролировать процесс непрерывного снижения, автоматически рассчитывать оптимальные траектории и минимизировать необходимость в дополнительных диспетчерских вмешательствах. Это не только повысит безопасность, но и значительно уменьшит нагрузку на диспетчерский состав.

Таким образом, внедрение процедуры непрерывного снижения в Московской зоне является важным шагом к улучшению эффективности управления воздушным движением. Перераспределение воздушных потоков, использование современных систем автоматизации и внедрение инновационных процедур, таких как CDO, позволят значительно снизить вероятность конфликтов, повысить безопасность и достичь экологических и экономических целей, поставленных ИКАО в рамках Глобального аэронавигационного плана.

Список используемых источников:

1. Руководство по эксплуатации комплекса средств автоматизации управления воздушным движением «Синтез АР-4» / СИНТЕЗ-ЭЛЕКТРО. — Москва, 2018. — 31 с.
2. Турков Алексей Николаевич, Чехов Игорь Анатольевич, Нечаев Евгений Евгеньевич. Вероятностный метод определения пропускной способности в системе УВД // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. №221 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/veroyatnostnyy-metod-opredeleniya-propusknoy-sposobnosti-v-sisteme-uvd>.
3. ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ». Значения НПС диспетчерских пунктов / Государственная компания «Авиационные системы». — [Электронный ресурс]. — URL: <https://gkovd.ru/upload/bandwidth-ovd/20.01.2025.xlsx>.
4. Васильев В.Н. Оценка вероятности опасного сближения самолетов при управлении воздушным движением // Математические машины и системы. — 2007. — №4. — С. 165–174.

Разработка системы дистанционного управления подвижным объектом на основе анализа жестов оператора

Муравьев И.А.

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

МАИ, Москва

Современные технологии управления подвижными объектами активно развиваются, открывая новые возможности для автоматизации и повышения эффективности работы транспорта, робототехники и других областей. Повышение эффективности достигается за счет улучшения эргономики, оптимизации процессов и сокращения времени реакции. Одним из перспективных направлений является разработка систем управления, основанных на анализе жестов оператора [1].

Управление подвижными объектами в опасных или сложных условиях, таких как зоны аварий или места с повышенным уровнем угроз, предполагает использование дистанционных систем управления для минимизации рисков. Использование традиционных систем человеко-машинного взаимодействия, таких как пульты или голосовые команды, требует навыков быстрого ввода команды или ограничено наличием звукового шума. При этом, способ управления жестами позволяет взаимодействовать с объектами интуитивно и естественно, что особенно важно в условиях, где требуется быстрое принятие решений, а присутствие человека затруднено или опасно. Это делает системы управления на основе анализа жестов перспективными для применения в различных отраслях, включая медицину, спасательные операции и промышленность.

Разработана структурная схема системы дистанционного управления подвижным объектом на основе анализа жестов оператора. Данная система состоит из двух взаимосвязанных подсистем: подсистемы считывания жестов, располагающейся непосредственно на операторе, и подсистемы формирования команд управления, позиционирующейся на объекте управления и информационно интегрированной в контур внутреннего регулирования. В первую подсистему входят интеллектуальные преобразователи угловых скоростей и линейных ускорений, односторонний интерфейс передачи данных беспроводного канала связи и микроконтроллерная платформа, которая координирует взаимодействие между компонентами. Во вторую подсистему входят односторонний интерфейс приема данных беспроводного канала связи, драйвер электроприводов и микроконтроллер, отвечающий за обработку сигналов.

Подсистема считывания жестов располагается на руке оператора. Преобразователи угловых скоростей и линейных ускорений определяют параметры движения и используются для расчета текущего положения и ориентации руки.

После определения текущего положения руки генерируется соответствующий сигнал, который с помощью беспроводного канала связи передается на подсистему формирования команд управления. Односторонний интерфейс приема данных, расположенный на подвижном объекте, передает принятый сигнал с руки оператора на микроконтроллер, который обрабатывает его и формирует команду управления драйверами электроприводов.

Управление движением объекта осуществляется посредством команд, передаваемых на драйверы электроприводов, что обеспечивает его перемещение в заданном направлении с установленной скоростью.

Разработана система дистанционного управления подвижным объектом, представляющим собой четырехколесную платформу, управляемую с помощью подсистемы считывания жестов, размещенной на руке оператора.

Система поддерживает выполнение восьми групп команд: движение вперед, движение назад, поворот направо на месте, поворот налево на месте, одновременное движение вправо и вперед, одновременное движение влево и вперед, одновременное движение вправо и назад, а также одновременное движение влево и назад. Каждая группа команд включает в себя команды, различающиеся по значениям задаваемой линейной и угловой скоростей, что позволяет точно настраивать движение платформы в зависимости от требований оператора.

Управление платформой осуществляется через движения кисти руки оператора, что обеспечивает интуитивно понятное взаимодействие. Время, необходимое для считывания изменений положения руки и начала движения, составляет 0,1 с.

Список используемых источников:

1. Попков А.В., Бахшиев А.В. Разработка системы распознавания динамических жестов для устройств, содержащих инерциальный модуль (IMU) // Современное машиностроение. Наука и образование. №10, 2021 г., стр. 373-388.

Разработка и исследование волоконно-оптического преобразователя угловой скорости на эффекте Саньяка

Насибулина А.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Коробков К.А.

МАИ, Москва

Микроэлектромеханические преобразователи угловой скорости с узлами оптического считывания на основе эффекта Саньяка применяются в навигационных системах и системах управления движением объектов. Преимуществами таких преобразователей являются высокая чувствительность и отсутствие подвижных элементов, по сравнению с лазерными и механическими гироскопами [1].

Предложена схема волоконно-оптического преобразователя угловой скорости, основанная на эффекте Саньяка. Разработанный микро-опто-электромеханический гироскоп преобразует угловую скорость в цифровой сигнал и включает в себя: источник оптического излучения (ИОИ), в качестве которого выступает лазерный светодиод инфракрасного диапазона; оптические волноводы (ОВ); Х-образный оптический ответвитель (ОО); чувствительный элемент (ЧЭ), выполненный в виде катушки одномодового оптического волокна; фотоприемник (ФП), преобразующий оптическую мощность в электрический ток; электронный блок обработки (ЭБО) и интерфейс. ИОИ, ФП и ЧЭ соединены с ОО при помощи ОВ. Оптическое излучение от ИОИ попадает на ОО и разделяется им, после чего передаётся на два входа ЧЭ, соединённого с ОО, в котором две волны совершают встречное движение, что приводит к их интерференции, которая под воздействием измеряемой угловой скорости вызывает модуляцию оптической мощности и может быть детектировано ФП, подключенным к ОО. Сигнал с ФП преобразуется в электрическое напряжение и поступает в ЭБО, который может быть выполнен на основе микропроцессорного устройства. ЭБО оцифровывает сигнал и линеаризует статическую характеристику, используя разработанную матрицу соответствия, записанную в память. Выходной сигнал ЭБО поступает на интерфейс для передачи пользователю или надсистеме.

Математическое исследование узла оптического считывания волоконно-оптического преобразователя угловой скорости на эффекте Саньяка показало, что увеличение длины ЧЭ повышает чувствительность, но требуется дополнительная обработка – подсчёт максимумов на функции преобразования. При использовании ЧЭ со следующими характеристиками: длина оптического волокна $L = 100$ м, радиус одновиткового контура $R = 0,05$ м, длина волны ИОИ $\lambda = 1110$ нм; такая обработка не требуется в диапазоне измеряемых угловых скоростей (от 0 об/с до 15 об/с), так как модуляция оптической мощности происходит внутри одного полупериода интерференционной картины.

Разработана математическая модель преобразователя угловой скорости и проведен численный эксперимент по влиянию изменения температуры на измерение угловой скорости, так как изменение температуры может вызвать напряженно-деформирующееся состояние в оптическом волокне из-за различий температурных коэффициентов линейного расширения материалов. Модель показала, что отклонение температуры как в меньшую, так и в большую сторону от нормального значения, приводит к возникновению ошибки в измерениях, например, при температурах минус 40 °С и плюс 80 °С значение ошибки составляет 10–3 об/с.

Список используемых источников:

1. В.И. Бусурин, С.О. Васецкий, Р.П. Булычев. Алгоритм расчета микрооптоэлектромеханического преобразователя угловой скорости с оптическим считыванием // Датчики и системы. - 2024. № 3 (275).

Адаптированный подход к построению стенда определения дисторсии в оптических навигационных системах

Ничков В., Берсина М.Д.

Научный руководитель — Пронькин А.Н.

МАИ, Москва

Создание навигационных комплексов, обладающих высокими параметрами по точности и надёжности, является одной из важнейших задач при проектировании летательных аппаратов. Реализация такого подхода возможна при комплексировании измерений от датчиков различной физической природы. Одной из систем, которая может использоваться в качестве корректора, в том числе на малых беспилотных воздушных аппаратах, является оптико-электронная система (ОЭС). Стоит отметить, что на качество вычисления навигационных параметров ОЭС влияет такой параметр, как дисторсия.

В рамках исследований по повышению точности оптических навигационных систем ранее была разработана методика определения коэффициентов дисторсии, учитывающая влияние температурных факторов [1]. Однако в процессе экспериментальной реализации выявился ряд ограничений. В частности, первоначальный подход, основанный на статическом позиционировании калибровочной мишени, не обеспечивал достаточной репрезентативности данных из-за отсутствия вариативности угловых ракурсов. Это приводило к снижению устойчивости алгоритмов коррекции искажений при изменении внешних условий.

Настоящее исследование посвящено созданию адаптированной методики определения и коррекции дисторсии, основанной на автоматическом определении температурно-зависимых коэффициентов искажений линз оптических систем. Методика реализована на программно-аппаратном комплексе, в основе которого лежит платформа Стюарта. Разработанный комплекс позволяет управлять позиционированием эталонной шахматной мишени относительно камеры в контролируемом температурном диапазоне. При достижении каждого температурного значения система выполняет серию измерений с разных углов, вычисляя коэффициенты дисторсии. Экспериментально подтверждено, что температурные изменения влияют на параметры искажений, что требует их учёта для повышения точности вычисления навигационных параметров, вычисленных ОЭС. Разработанный комплекс позволяет автоматизировать процесс калибровки под различные условия эксплуатации оптических систем, расширяя возможности применения систем в условиях переменных температур. Это создаёт основу для интеграции алгоритмов температурной компенсации в реальные навигационные устройства без существенного увеличения их сложности и стоимости. В докладе представлены структура комплекса, основные алгоритмы и результаты эксперимента.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0005.

Список используемых источников:

1. Исследование влияния параметров окружающей среды на дисторсию в оптических навигационных системах / Пронькин А.Н., Ничков В., Вяткин В.П. // Авиация и космонавтика : тезисы 23ой международной конференции, Москва, 18–22 ноября 2024 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – М.: Издательство «Перо», 2024. – С. 148.

2. Короленко П.В. «Дисторсия в оптике» [Электронный ресурс] / <https://bigenc.ru/c/distorsii-a-v-optike-57966a> (дата обращения 17.07.2024).

3. Глаголев В.М. Описание и программное устранение дисторсии объективов [Электронный ресурс] / <https://cyberleninka.ru/article/n/opisanie-i-programmnoe-ustranenie-distorsii-obektivov/viewer>, свободный (дата обращения: 17.07.2024).

Анализ требуемых ресурсов для современных методов обнаружения подмены данных ГНСС

Подосян Г.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Харисов А.Р.

АО «ПО «УОМЗ», Екатеринбург

В связи с возрастающим количеством устройств, использующих глобальные навигационные спутниковые системы (далее ГНСС), растет потребность в повышении защищенности данных. Одной из разновидностей атак является подмена (или, по-другому, спуфинг) данных ГНСС, когда вместо истинных данных на устройство посылаются ложные. Поэтому вопрос определения целостности и достоверности данных ГНСС является актуальным.

Существующие сценарии спуфинга:

- транслировать новый сигнал, который по мощности будет превосходить сигнал ГНСС в несколько порядков, вследствие чего произойдет переключение приемника на более сильный;

- временно заглушить приемник для потери связи и транслировать новый сигнал для того, чтобы приемник переподключился на необходимую трансляцию данных;

- постепенно усиливать новый транслируемый сигнал, чтобы приемник переключился на него.

Также спуфинговые атаки можно разделить на две группы: синхронные и асинхронные.

В качестве объекта исследования были выбраны современные способы детекции спуфинга. Их можно разделить на три больших класса:

- анализ параметров сигнала и сервисных данных;
- сравнение полученных данных с заранее известными ориентирами на местности;
- сравнение навигационных данных с другими, независимыми от ГНСС, источниками данных (например, инерциальными блоками).

Приняв, что устройство обладает приемником ГНСС и блоком обработки данных, рассмотрим способы детекции спуфинга

1. Система с использованием связи инерциальной и визуальной информации.

Аппаратные ресурсы: инерциальный блок, видеокамера, блок обработки видеозображений.

Программные ресурсы: алгоритм обработки изображений, алгоритм комплексирования данных, алгоритм детекции спуфинга.

2. Система с использованием только инерциальных данных при помощи акселерометров и курсовертикали.

Аппаратные ресурсы: блок акселерометров и курсовертикаль.

Программные ресурсы: алгоритм детекции спуфинга, алгоритм комплексирования данных с акселерометров и курсовертикали и ГНСС.

3. Система с использованием машинного обучения при на основе точек доступа с известным положением, предназначенных для определения местоположения различных устройств Интернета вещей. Для определения подменяемого сигнала предлагается использовать метод глубокого обучения нейронной сети, которая по заранее определенным параметрам сигнала определяет подмену.

Аппаратные ресурсы: расставленные точки доступа, цифровой сигнальный процессор для нейросети.

Программные ресурсы: данные для обучения нейронной сети, обученная нейронная сеть, алгоритм вычисления положения спутера в пространстве.

4. Способ детекции спуфингового сигнала при помощи сверточной нейронной сети. При спуфинге изображение функции взаимной неопределенности будет иметь несколько пиков, соответственно, система будет оповещена о наличии спуфинга.

Аппаратные ресурсы: приемник ГНСС с расчетом функции взаимной неопределенности, цифровой сигнальный процессор.

Программные ресурсы: данные для обучения сверточной нейронной сети, сверточная нейронная сеть.

5. Система, состоящая из двух антенн и двух приемников ГНСС сигнала. Благодаря объединенным данным с двух антенн есть возможность сформировать базовый вектор. После нормализации базового вектора наличие сигналов подмены может быть оценено с помощью статистического теста суммы квадратов ошибки.

Аппаратные ресурсы: дополнительный приемник ГНСС, две антенны.

Программные ресурсы: алгоритм расчёта базового вектора, алгоритм определения направления спуфингового сигнала.

Способы, описанные под номерами 1 и 2, подходят для автономных роботов небольших размеров, которые будут функционировать в обстановках с большой неопределенностью, так как полагаются не на заранее заготовленные данные. Метод в работе 2 будет более точным в связи с использованием дополнительных данных с камеры.

Метод, описанный в 3, будет наиболее подходящим, если требуется обнаруживать спуфинг на ограниченной территории в связи с использованием точек доступа. Это может быть полезно, если имеется постоянный маршрут следования автономных средств, чтобы повысить безопасность и снизить стоимость автономных устройств. Также данный способ будет полезен для создания безопасной зоны вокруг строений, где спуфинг будет точно выявлен.

Метод, описанный в 4, требует больших вычислительных затрат, но обладает высокой скоростью. Кроме того, метод способен обнаруживать несколько сигналов спуфинга. При обнаружении правильного сигнала будет возможность переопределения. Результаты работы могут быть полезны для устройств, требующих высокий уровень отказоустойчивости, например, в военной сфере. Также есть возможность обновления данных, переобучения нейросетей, что позволяет выиграть в гибкости настроек.

Метод, описанный в 5, может быть полезен для обнаружения точек спуфинга в связи с возможностью нахождения направления. Габариты антенн влияют на размеры самого устройства.

Список используемых источников:

1. Kwon, Keum-Cheol Performance Analysis of Direct GPS Spoofing Detection Method with AHRs/Accelerometer / Keum-Cheol Kwon, Shim Duk-Sun // *Sensors*. — 2020. — № 4. — С. 1-22. <https://doi.org/10.3390/s20040954>.
2. Gu, Nianzu GNSS Spoofing Detection Based on Coupled Visual/Inertial/GNSS Navigation System / Nianzu Gu, Xing Fei, You Zheng // *Sensors*. — 2021. — № 20. — С. 1-22. <https://doi.org/10.3390/s21206769>.
3. Aldosari, Waleed Deep Learning-Based Location Spoofing Attack Detection and Time-of-Arrival Estimation through Power Received in IoT Networks / Waleed Aldosari // *Sensors*. — 2023. — № 23. — С. 1-21. <https://doi.org/10.3390/s23239606>.
4. Detecting GNSS spoofing using deep learning / Borhani-Darian Parisa, Li Haoqing, Wu Peng, Closas Pau // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. — 2024. — № 14. — С. 1-19. <https://doi.org/10.1186/s13634-023-01103-1>.

Оптимизация метода поиска особых точек в оптических навигационных системах

Пташник Е.А., Головкин И.С.

Научный руководитель — Пронькин А.Н.

МАИ, Москва

Современное развитие беспилотных воздушных судов (БВС) ставит перед инженерами новые задачи в области автономной навигации. В условиях, когда использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) может быть затруднено или невозможно (например, в закрытых помещениях, под землей или в условиях сильных помех), становятся востребованными альтернативные системы и методы для определения навигационных параметров [1]. Одной из таких систем является оптическая навигационная система (ОНС), которая при помощи различных методов выдаёт навигационные параметры на основе фото и видео данных.

Главное требование для работы ОНС является наличие в зоне видимости достаточного количества неподвижных объектов с выраженными особенностями. Основным преимуществом по сравнению с ГНСС является их независимость от внешних источников сигналов. Камера, установленная на БВС, фиксирует изображения окружающей среды, и на этих изображениях определяются особые неподвижные точки, по которым, используя специальные методы решается навигационная задача. Выявление особых точек, чаще всего, происходит путём сравнения соседних пикселей матрицы интенсивности света, составленной из полученного изображения от ОНС, размерность которой зависит от разрешающей способности ОНС. Однако такой подход предполагает выделение значительных вычислительных ресурсов, что, в частности для малых БВС, может быть затруднительным или недоступным.

В рамках настоящей работы была поставлена задача построения оптимизированного алгоритма поиска особых точек для решения задачи визуальной одометрии. Предложенный авторами подход предполагает использование вычисленных проекций скоростей на предыдущем такте в качестве входных аргументов модифицированного поискового алгоритма. Данный подход позволяет уменьшить область поиска, таким образом, чтобы поиск проводить не по всему изображению, а только по области нового приращения по краям изображения и по области приращения вокруг ранее обнаруженных точек. Таким образом уменьшение области поиска позволяет уменьшить вычислительную нагрузку ботового вычислителя.

Для апробации этого подхода был создан и протестирован алгоритм визуальной одометрии, основанный методе ORB, с использованием стандартных подходов и модифицированного алгоритма [2, 3]. Тестирование происходило путем симуляции прямолинейного пролета БВС над участком поверхности с выделением особых точек на пути следования. В докладе приводятся графические и численные результаты имитационного моделирования.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0005.

Список используемых источников:

1. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / К. К. Веремеенко, С. Ю. Желтов, Н. В. Ким [и др.]. – Москва: ООО Издательская фирма «Физико-математическая литература», 2009. – 556 с. – ISBN 978-5-9221-1168-3.
2. OpenCV Documentation: Optical Flow and Motion Analysis. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.opencv.org/> (дата обращения: 26.02.2025).
3. Mur-Artal R., Montiel J. M. M., Tardos J. D. ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System. // IEEE Transactions on Robotics. – 2015. – Vol. 31, Issue 5.

Современные достижения в области автономного транспорта

Ремизов И.И., Покачалов М.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.

МАИ, Москва

В последнее время весь мир взял курс на автоматизацию производств и предприятий, уже никого не удивляют роботы-доставщики и умные станции. В работе рассмотрено влияние автоматизации на транспорте, и какие достижения уже достигнуты в этой сфере.

В автомобильной среде для описания уровня автономности транспортного средства (ТС) используется классификация SAE J3016, состоящая из шести уровней автономности [https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104]:

- 0 уровень – отсутствие автоматических систем;
- 1 уровень – присутствуют нескольких компонентов для помощи водителю;
- 2 уровень – частичная автономность. Присутствуют системы, способные автоматизировать рулевое управление, изменение скорости, а также экстренное торможение;

• 3 уровень – условная автономность. ТС оборудовано различными датчиками и системами, способными наблюдать за внешней обстановкой и самостоятельно управлять автомобилем, водитель принимает управление в нестандартных ситуациях;

• 4, 5 уровни – высокая и полная автономность. ТС полностью автономно. Вмешательства со стороны человека не требуется.

Успехи в разработке автомобилей с первым уровнем автономности достигнуты ещё в конце прошлого столетия, поэтому практический интерес в данной работе составляет уровни 2 и выше.

На рынке представлен достаточно широкий набор систем-ассистентов 2-го уровня автономности, среди которых: Tesla Autopilot, Nissan ProPILOT System, NIO Pilot.

Третий уровень автономности представлен такими системами, как: Mercedes-Benz Drive Pilot, Traffic Jam Pilot от Honda.

Четвертый уровень автономности достигнут в проектах:

- Waymo one от Google (распространены в США: Финиксе, Лос-Анжелесе, Сан-Франциско и Остине;

- Self-Driving Car от Яндекс (тестируются в России в ряде районов Москвы и Республики Татарстан);

- Baidu Apollo Go (распространены в КНР, г. Ухане).

Большинство автопилотов ТС в том или ином объёме способны выполнять следующие функции:

- адаптивный круиз-контроль;

- аварийное торможение;

- автоматическое движение в пределах полосы и (или) оповещение водителя при непроизвольном выходе из полосы;

- определение и избегание препятствий;

- определение слепых зон для водителя;

- автоматическая парковка или помощь при парковке;

- распознавание дорожных символов и светофоров.

Для осуществления всех этих функций ТС оборудуется различными датчиками: лидарами, радарам, камерами, ультразвуковыми датчиками; а также мощным компьютером.

Разработать автопилот для поезда представляется более простой задачей чем для автомобиля, так как поезд обладает одной степенью свободы – рельсом, вдоль которого он способен двигаться. Для автоматизации вождения поезда необходимо использовать искусственный интеллект (ИИ), способный распознавать визуальную информацию, такую как знаки и возможные препятствия.

Для локомотивов существует 4 уровня автономности:

- УА 1 – основные функции управления поездом лежат на машинисте;

- УА 2 – ИИ имеет значительное влияние на управление составом;

- УА 3 – поезд движется самостоятельно, используя компьютерное зрение, однако машинист всё ещё необходим для решения иных задач, например открытия и закрытия дверей;

- УА 4 – полностью беспилотное управление поездом.

В некоторых странах уже успешно применяются локомотивы, имеющие 3 и 4 уровни автономности.

Современные воздушные средства (ВС) оснащены системой самолётovoждения (СВ), задачей которой – определение текущего местоположения ВС, построение оптимального маршрута, решение топливно-временной задачи, а также отправление управляющих сигналов в другие системы. Данная система способна решать задачи горизонтальной и вертикальной навигации, высчитывая необходимые параметры: угол крена для изменения положения в горизонтальной плоскости и угол тангажа для изменения положения ВС в вертикальной плоскости. Далее вычисленные параметры отправляются в систему автоматического управления (САУ), которая способна выдерживать заданные параметры с учётом влияния ветра. В случае отклонения ВС от заданных параметров экипаж будет

оповещён системой экстренного оповещения (СЭО). Связку ССВ, САУ и СЭО можно рассматривать как продвинутого автопилота для ВС.

Дальнейшая автоматизация полётов потребует установки на борт ВС более мощных вычислителей, оптимизацию конструкции для установки дополнительных датчиков, а также источников питания для новых вычислителей. Кроме того, необходимо разработать надёжные системы для коммуникации между управлением воздушным движением и автопилотом ВС.

Подводя итог, можно сказать, что за последние десятилетия получены значительные результаты в области автономного транспорта, что уже сейчас положительно сказывается на комфорте и безопасности всех участников движения. Транспорт оборудуют всё большим количеством датчиков и мощными вычислителями, применяющими сложные методы обработки информации, в том числе по типу различных нейронных сетей. Дальнейшие разработки в этой области могут потребовать разработки более точных датчиков, эффективных источников питания, а также систем управления.

Список используемых источников:

1. Сарайский Ю. Н., Липин А. В., Либерман Ю. И. Аэронавигация. Ч. II. Радионавигация в полете по маршруту: Учебное пособие. /СПбГУ ГА. СанктПетербург, 2013. 383 с.
2. Valente U. Development of Autonomous Driving in Electric Vehicles: Analysis of Quality Engineering and Future Applicability : Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale (Engineering and Management) / Valente Umberto. - Politecnico di Torino, 2024. – 61 p.
3. Purohit A. et al. Advanced Driving Assistance Systems // International Journal of Engineering Trends and Applications (IJETA) – Vol. 11. - Issue 3. – P.255-261.
4. Бочегов, М. А. Искусственный интеллект на железной дороге / М. А. Бочегов, О. В. Медникова // Проблемы науки. – 2024. – № 4(85). – С. 7-12.

Маловысотный контур для полётов на малых высотах в вертикальной плоскости по углу отклонения антенны радиолокатора

Ржанов Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фашевский Н.Н.

ПАО «Яковлев», Раменское

Одним из эффективных тактических методов преодоления вражеской противовоздушной обороны являются полёты на малых высотах. Для реализации подобного типа полётов, требуется разработать МВК, функционирующий на основе комплексной системы управления. Подобный контур должен формировать управляющий сигнал приращения нормальной перегрузки (Δn), анализируя дальность до рельефа (Дтек), данные о высоте от радиовысотомера (НРВ) и данные об угле отклонения антенны (фтек) бортовой радиолокационной станции (БРЛС). На основе полученного управляющего сигнала должна быть предусмотрена возможность как автоматического, так и директорного управления ЛА со стабилизацией заданной высоты (Нзад) в диапазоне от 50 до 400 метров.

Для моделирования МВП использовался моделирующий комплекс для математического моделирования динамики полёта в режиме реального времени [1]. Разработка и отработка алгоритмов МВК осуществлялись на основе заранее сформированных наборов рельефов местности, состоящих из нескольких участков: восходящие и нисходящие наклоны, здания высотой до 200м и равнины. По достижении требуемых результатов моделирования наборы рельефов местности были заменены генератором случайного рельефа в реальном времени. По итогам успешной работы алгоритма в автоматическом режиме, была разработана система директорного управления, позволяющая пилоту самостоятельно управлять ЛА при МВП.

В начале каждого процесса моделирования производился расчёт заданных значений упреждённой дальности до объекта Дзад и угла отклонения антенны радиолокатора фзад, необходимых для полёта на заданной пилотом высоте Нзад (от 50 до 400 метров). Далее производился расчёт текущей дальности Дтек до земных объектов путём определения длины вектора между центром масс самолёта и точкой пересечения луча упреждённой дальности Дзад с графиком функции текущего участка рельефа. При наличии разницы в значениях

текущей Дтек и заданной Дзад дальностей до объекта, происходило изменение текущего угла отклонения антенны радиолокатора фтек до тех пор, пока разница в дальностях не была устранена. В результате этого возникала разница между текущим фтек и заданным фзад значениями угла отклонения антенны, на основе которой формировался управляющий сигнал приращения нормальной перегрузки $\Delta\mu$ [2].

В автоматическом режиме на основе данного сигнала осуществлялось отклонение управляющих поверхностей, что позволяло ЛА реализовывать полёт на заданной высоте Нзад относительно рельефа местности. В директорном режиме на основе сигнала приращения нормальной перегрузки $\Delta\mu$ производился расчёт и отрисовка на многофункциональном цветном индикаторе отклонения горизонтальной планки, сигнализирующей пилоту о требуемом изменении траектории полёта. Управляясь таким образом, пилот может самостоятельно реализовывать МВП, не полагаясь на автоматику. Переход от автоматического режима к директорному возможен путём обычного пересиливания сигнала, что позволяет пилоту в любой момент взять управление на себя, либо же отдать его автомату, путём включения на пульте управления соответствующего автоматического режима.

Генератор случайного рельефа позволяет производить моделирование МВП без ограничений по дальности полёта и количеству участков рельефа. В процессе моделирования происходит последовательная перезапись координат каждой из 4 точек, формирующих 3 участка рельефа, что позволяет получить бесконечный рельеф, изменяющийся случайным образом.

Разработан МВК для МВП в вертикальной плоскости по углу отклонения антенны радиолокатора и синтезирована методика моделирования такого рода полётов над случайно генерирующимся в реальном времени рельефом. На основе разработанных для МВК алгоритмов предусмотрено как автоматическое управление ЛА, так и ручное, в директорном режиме, с возможностью перехода в любой момент времени от одного типа управления к другому. Получены результаты моделирования МВП для автоматического и директорного режимов управления для разных комбинаций рельефа. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что система работает корректно, ЛА успешно облетает все заданные виды рельефов, стабилизируя при этом заданную высоту полёта Нзад относительно рельефа.

Список используемых источников:

1. Бокарев М.А., Братчиков А.И. Применение средств математического моделирования при сопровождении процесса проведения летных испытаний // XLIV Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения – 2018», сборник тезисов докладов. 2018. Т. 1. С. 89–90.
2. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. 2011.

Формирование гибридного навигационного решения для комплексной навигационной системы с тройным резервированием

Рычков А.С.

Научный руководитель — Савкин А.В.

МАИ, Москва

Обеспечение требуемого уровня целостности навигационного решения гражданского воздушного судна является одной из наиболее важных задач для обеспечения безопасности полётов. В соответствии с документом ИКАО «Руководство по глобальной навигационной спутниковой системе» под целостностью понимают меру доверия к правильности информации, выдаваемой системе [1]. Одним из параметров, дающим оценку целостности навигационного решения, является Horizontal Integrity Limit (HIL). HIL — это параметр, который определяет максимальную горизонтальную ошибку в положении, которая может возникнуть с заданной вероятностью без предупреждения системы [2]. В целях обеспечения требуемого уровня точности и целостности навигационного решения в различных условиях эксплуатации на борту современного гражданского воздушного судна применяются

навигационные комплексы (НК). Основой таких комплексов, как правило, являются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС), которые, однако, подвержены накоплению ошибок с течением времени. Для компенсации этих ошибок обычно используются данные от радионавигационных систем, таких как спутниковые навигационные системы, наземные радионавигационные системы VOR/DME и DME/DME [3].

Целью данной работы является разработка алгоритма повышения точности и целостности навигационного комплекса за счет интеграции данных от БИНС и радионавигационных систем с использованием фильтра Калмана и мажоритарного контроля.

В состав рассматриваемого НК входят три БИНС навигационного класса точности. Для их коррекции используются данные от радионавигационных систем. Для повышения точности навигационных данных применяется фильтр Калмана, который обрабатывает данные каждой БИНС и показания одного из корректоров. Для получения гибридного навигационного решения от трёх пар БИНС-корректор применяется метод мажоритарного контроля. В основе метода лежит нахождение средневзвешенных значений навигационных параметров.

Для комплексного навигационного решения предложен алгоритм расчета осредненной матрицы ковариации. Осредненная матрица ковариации рассчитывается на основе данных от всех трех БИНС и учитывает корреляцию между их ошибками. Осредненное значение матрицы ковариации позволяет рассчитать параметр НП гибридного навигационного решения.

Разработанный алгоритм обработки данных на основе фильтра Калмана и мажоритарного контроля позволяет значительно повысить точность и целостность навигационного решения гражданского воздушного судна.

Список используемых источников:

1. Руководство по глобальной навигационной спутниковой системе// Doc 9849, ИКАО, изд 2, 2013 г.
2. Mark Sturza, Navigation System Integrity Using Redundant Measurements// Journal of The Institute of Navigation – 1988 г.
3. Chen Jiang, Qiuzhao Zhang, Dongbao Zhao, A New Data Fusion Method for GNSS/INS Integration Based on Weighted Multiple Criteria// Remote Sensing – 2024 г.

Исследование характеристик системы предотвращения столкновений БЛА

Салимжонов Б.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

Стремительное увеличение количества летательных аппаратов, особенно беспилотных, в общем воздушном пространстве создает серьезные вызовы для обеспечения безопасности полетов и повышает риск авиационных происшествий. Следует отметить, что рынок БПЛА в России продолжает активно расти: в 2025 году его объем оценивается в 38,1 млрд рублей, а к 2027 году, согласно прогнозам, может достигнуть 86,8 млрд рублей (оптимистичный сценарий) или 46,2 млрд рублей (консервативный сценарий), что делает разработку новых технологий систем предотвращения столкновений особенно актуальной [1].

Существует два возможных пути решения этой проблемы. Первый путь связан с применением аппаратуры, используемой в пилотируемой авиации, что подразумевает использование отработанных изделий и технологий. Существенным недостатком этого подхода является игнорирование специфики БПЛА, что делает практически невозможным использование такого оборудования в малых беспилотных аппаратах. Второй путь предполагает создание специализированных бортовых систем БПЛА малого и среднего классов, для которых следует применять недорогие датчики общего назначения.

В рамках проводимой работы рассматривался вариант системы предотвращения столкновений для БПЛА, основанная не на существующей системе TCAS, используемой в пилотируемой авиации, а на показаниях бортового навигационного комплекса, имеющего встроенную функцию предупреждения столкновений, основанную на информации о

местоположении собственном, встречного воздушного судна и построенных зонах оповещения о возможном конфликте [2]. Разрабатываемая система будет базироваться на технологии АЗН-В и стандарте 1090ES, широко применяемом в гражданской авиации. На основании обзора современных открытых источников подтверждено, что 1090ES остается наиболее эффективной технологией для обеспечения безопасности полетов. Однако это же исследование показало, что данная технология не защищена от спуфинга, что создает потенциальные риски при ее применении в беспилотной авиации и требует дальнейших исследований.

В рамках работы была разработана методика имитационного моделирования и программа, имитирующая работу бортовой комплексной инерциально-спутниковой навигационной системы, базирующейся на использовании оптимального фильтра Калмана [3]. Численные исследования с использованием этой программы позволили провести анализ влияния точности навигационного решения на своевременность срабатывания системы предотвращения столкновений. В частности, исследовано влияние точности навигационного решения на формирование границ зон оповещения, о возможности столкновения. Результаты моделирования позволили определить требования к навигационным параметрам для эффективного функционирования системы предотвращения столкновений.

Результаты моделирования подтвердили работоспособность разработанной программной модели и выбранного алгоритма. Анализ полученных данных показал точность работы бортового навигационного комплекса, достаточную для безопасного формирования границ зоны оповещения. Продемонстрирована эффективность применения фильтра Калмана для повышения точности навигационного решения в малогабаритном навигационном комплексе БПЛА, что напрямую влияет на своевременность срабатывания системы предотвращения столкновений. Таким образом, проведенные исследования подтверждают работоспособность предложенной методики и ее пригодность для дальнейшего использования в беспилотных летательных аппаратах.

Список используемых источников:

1. 12-я Национальная выставка и форум инфраструктуры гражданской авиации NAIS: материалы выставки (5–6 февраля 2025 года, Москва, МВЦ «Крокус Экспо») — Москва, 2025.
2. Система предотвращения столкновений БПЛА / Веремеенко К.К, Салимжонов Б.М – Гагаринские чтения – 2024.
3. Навигационные приборы и системы / Под ред. И.И. Помыкаева. – Машиностроение, 1983. 456 с., ил.

Адаптивная система автоматического управления мультисредным объектом Селезнева А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.
МАИ, Москва

Задачей настоящего исследования является синтез адаптивной системы с эталонной моделью для канала угла тангажа беспилотного объекта, движущегося в двух средах. Основной проблемой синтеза системы управления указанным объектом является невозможность формирования достаточно точной математической модели в каждый момент времени движения.

Адаптация системы заключается в приведении рассогласования между текущими наблюдаемыми состояниями объекта управления, получаемыми с датчиков, и текущими соответствующими состояниями эталонной модели к нулю.

Синтез контура адаптации осуществлялся по методу покомпонентного формирования управления (МПФУ). Управляющий сигнал выбран в виде суммы текущих наблюдаемых состояний объекта и требуемого состояния (в рассматриваемой работе, требуемого угла тангажа), умноженных на некие настраиваемые коэффициенты. Метод заключается в вычислении настраиваемых коэффициентов, исходя из требований к устойчивости системы по Ляпунову.

Эталонная модель представляет собой идеальную модель объекта с ПИД-регулятором. Такой подход позволяет учитывать динамику реальной системы.

Система предполагается к исполнению как цифровая. Поскольку адаптивная система управления с эталонной моделью является существенно нелинейной, анализ такой системы представляет собой довольно трудную задачу, соответственно задачу оцифровки разработанной системы можно свести к выбору периода дискретизации. Для его определения применена теорема Шеннона-Котельникова.

Моделирование работы синтезированной системы показало, что применение контура адаптации позволяет нивелировать неточность вычисления динамических характеристик объекта управления, а также ускоряет нивелирование внешних возмущений, действующих на объект, в сравнении с ПИД-регулятором.

Список используемых источников:

1. Селезнева А. Е., Неретин Е. С. Адаптивная система автоматического управления мультисредным объектом // Управление большими системами. 2024. № 109.

2. Лащёв А. Я. Метод синтеза адаптивных систем управления с эталонной моделью // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. №1.

3. Погодицкий О. В. Цифровые системы управления: учебное пособие по дисциплине «Цифровые системы управления»: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / О. В. Погодицкий; Министерство образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Казанский государственный энергетический университет». – 2-е изд., перераб. и доп. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2010.

Концепция оперативного расчёта траектории полёта самолёта на основе данных метеорадара

Страхолис М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мальцев Ю.И.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Полет самолёта проходит по заранее рассчитанному маршруту, однако на траекторию полёта может повлиять большое количество различных факторов. Одной из наиболее частых причин отклонения траектории полета от запланированного маршрута является наличие на пути следования опасных метеообразований. К ним можно отнести области с большой турбулентностью, грозовой активностью, большим количеством осадков и области с резко и значительно меняющимися направлением и скоростью ветра (области сдвига ветра).

Перемещение воздушных масс прогнозируется на земле и учитывается при составлении плана полёта, однако природные явления на длительном интервале времени прогнозируются с большой погрешностью, что не позволяет в полной мере учесть все факторы, особенно для длительных перелетов. На самолётах, осуществляющих такие перелёты, как правило, устанавливается метеорадар. Сканируя область в определённом диапазоне, метеорадар позволяет лётчикам в режиме реального времени наблюдать структуру облачности, направление и скорость её движения. Однако выбор траектории облёта опасных метеообразований всё ещё не автоматизирован. Составление новой траектории полета возлагается на экипаж воздушного судна и диспетчерскую службу. Траектории, составленные человеком в столь короткие сроки, не могут в полной мере являться оптимальными, а иногда могут быть даже опасными. Наиболее известный пример - катастрофа Ту-154 под Донецком (рейс Пулково 612).

В связи с указанными факторами, возникает необходимость разработки алгоритма, который, анализируя данные метеорадара, сможет оперативно просчитать наиболее безопасную траекторию полёта, при этом, учитывая его экономическую составляющую. В рамках исследования предполагается моделирование метеообразований и метеорадара на

пилотажном стенде в ГосНИИАС, в который должна быть интегрирована система автоматического облёта метеообразований.

Система должна работать автоматически, то есть не только рассчитывать траекторию, но и выдерживать её, если экипаж или диспетчерская служба одобрили новый маршрут полёта. Одобрение «со стороны» нужно, поскольку система также может быть подвержена непредсказуемым сбоям и ошибкам, а также ввиду наличия других участников воздушного движения. Несмотря на возможность автоматического выдерживания необходимой траектории, система должна иметь возможность работать в директорном режиме и учитывать все возможные варианты запросов к ней. Это значит, что если система была активирована уже внутри опасного метеообразования, то она должна максимально быстро и безопасно вывести самолёт из опасной зоны, учитывая ограничения самолёта по его лётно-техническим характеристикам (ЛТХ). Кроме того, траектория должна избегать пересечения границ других стран или различных «запретных» зон, если это не влияет напрямую на безопасность полёта.

Индикация предлагаемой траектории должна доводиться до экипажа через средства индикации, в частности отображаться на формате ND, а информация о режиме работы системы также через средства индикации на формате EWD и через речевые оповещения.

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к автоматизации множества аспектов пилотирования, поэтому в будущем необходимо наличие системы комплексирования и обработки сигналов всех этих автоматических систем. Приоритет команд от системы облёта метеообразований должен оцениваться как менее высокий, чем приоритет команд от таких систем как, например, TAWS и TCAS ввиду их абсолютной критичности. При попадании в зону опасного метеообразования, как правило, у экипажа ещё остаётся возможность выхода из опасной зоны, в то же время, последствия игнорирования TAWS и TCAS такую возможность не предоставляют.

Таким образом, разработка алгоритмов оперативного расчёта траектории полёта самолёта на основе данных метеорадара является перспективной и требует к себе особого внимания авиакомпаний и авиапроизводителей.

Исследование точности определения особых точек оптико-электронной навигационной системой при различных условиях полета малого беспилотного летательного аппарата

Сулейманов М.Д., Гилязова И.Ю.

Научный руководитель — Пронькин А.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время беспилотные воздушные суда (БВС) активно внедряются в различные сферы жизни. Независимо от назначения БВС одним из основных критерием гарантии качественного выполнения поставленной задачи является автономное позиционирование аппарата в пространстве. Для решения навигационной задачи используется навигационная система, ядром которой, как правило, является инерциально-измерительный блок (ИИБ), по измерениям которого можно реализовать вычисление различных навигационных алгоритмов [1].

Однако при всех имеющихся преимуществах, алгоритм инерциальной навигационной системы имеет существенный недостаток – накопление ошибки со временем. Для повышения надежности и достоверности навигационной информации используют комплексирование двух или более навигационных систем, работающих на разных физических принципах. Использование алгоритмов комплексной обработки информации (КОИ) позволяет достичь достаточно высокой точности определения местоположения БВС. В качестве основного корректора, как правило, выбирают приёмник ГНСС. Однако в некоторых условиях использование информации от ГНСС приёмника имеет свои ограничения. Поэтому для обеспечения непрерывности получения корректирующей информации необходимо использовать дополнительный тип коррекции. В качестве резервной системы коррекции можно использовать оптико-электронную систему (ОЭС) [2].

Однако при использовании ОЭС даже в качестве резервного корректора существует проблема точности привязки особых точек к фактическим координатам в динамической среде.

В рамках работы было исследовано влияние условий полета на точность привязки особых точек, рассматриваются возможные методы алгоритмического повышения точности решения навигационной задачи. В качестве условий полета рассматриваются прямолинейный пролет над особой точкой, прямолинейный полет на различных расстояниях от особой точки, криволинейный полет с разными значениями радиуса, где центром является особая точка. В докладе приводятся графические и численные результаты моделирования.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0005.

Список используемых источников:

1. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / К. К. Веремеенко, С. Ю. Желтов, Н. В. Ким [и др.]. – Москва: ООО Издательская фирма "Физико-математическая литература", 2009. – 556 с. – ISBN 978-5-9221-1168-3.

2. Исследование влияния параметров окружающей среды на дисторсию в оптических навигационных системах / Пронькин А.Н., Ничков В., Вяткин В.П. // Авиация и космонавтика: тезисы 23ой международной конференции, Москва, 18–22 ноября 2024 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – М.: Издательство «Перо», 2024. – С. 148

Система автоматического ухода от столкновения с земными препятствиями Тюменцев Н.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Тюменцев Ю.В.
ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Человеческий фактор в авиации – это совокупность психологических, физиологических и социальных аспектов, которые влияют на действия летчика в процессе управления летательным аппаратом. Согласно данным Международной организации гражданской авиации (ICAO), человеческий фактор является причиной более 70% авиационных происшествий. Основные причины, связанные с человеческим фактором, включают: ошибки экипажа, ошибки службы контроля воздушного движения, ошибки технического персонала.

Одной из наиболее серьезных проблем, выделяемых в отдельную категорию классификации авиапроисшествий, является т.н. “CFIT” (Controlled Flight into Terrain) – столкновение исправного воздушного судна с земным препятствием в управляемом полете. Проблема осведомленности экипажа о впредидлежащих препятствиях подтолкнула к созданию новых бортовых систем, информирующих об опасных сближениях с препятствиями на различных этапах полета. По мере развития и совершенствования подобных систем появился стандарт, четко описывающий требования к подобным системам, называемым «TAWS» (Terrain Awareness and Warning System).

Существенным недостатком, остающимся и по сей день, остается проблема пассивно-рекомендательного характера выдачи предупреждений о приближении к препятствиям. Ключевая проблема в том, что экипаж может либо неверно истолковать рекомендации по уходу, либо вовсе проигнорировать оповещения.

Таким образом встает необходимость поиска решений, направленных на минимизацию рисков, связанных с полетом по траекториям, потенциально пересекающим запретные области. Несмотря на то, что все маршруты заранее планируются с учетом прогнозируемых препятствий, остается риск появления т.н. «динамически возникающих запретных зон», что требует быстрой переоценки и перепланирования траектории полета, в том числе с возможностью облета препятствия или ухода на запасной аэродром.

В работе предлагается новый алгоритм оперативного перепланирования, поиска пути и формирования оптимальной траектории полета среди препятствий, описываемых окружностями переменного радиуса. Окружности переменного радиуса подходят для описания земных препятствий, аппроксимируемых трехмерными поверхностями вращения,

а также для описания динамически появляющихся запретных зон для полетов, информация о которых поступает от служб управления воздушным движением.

Предполагается, что разработанная методика позволит повысить безопасность полетов по маршрутам, позволяя в автоматическом режиме управлять самолетом по обновленной траектории.

Исследование устойчивости движения системы «каверна – высокоскоростной подводный аппарат»

Шпихернюк А.А., Кошук И.С.

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

МАИ, Москва

Проблема создания качественного высокоскоростного подводного аппарата (ВСПА) в большинстве случаев связана с задачей снижения его сопротивления. ВСПА при сплошном обтекании имеют небольшие дальности хода. Как показали многолетние исследования, ВСПА можно реально реализовать только с использованием развитой кавитации, то есть течений со свободными границами. Одна из особенностей кавитирующего ВСПА состоит в том, что при охвате всего корпуса каверной отсутствует сила Архимеда, которая является значительной составляющей величиной у большинства подводных аппаратов. Поэтому, для управляемого образца ВСПА необходимы несущие и управляющие элементы, создающие силы, компенсирующие вес и дополнительные управляющие силы и моменты.

Условия устойчивости движения системы «Каверна – высокоскоростной подводный аппарат» записываются в виде второй теоремы Ляпунова, которая имеет следующие условия:

- функция Ляпунова больше нуля;
 - производная функции Ляпунова по времени меньше нуля.
- В качестве проектных параметров в работе принимаются:
- радиус кавитатора;
 - длина штанги, на которой крепится кавитатор;
 - относительный кавернообразующий параметр.

Также, следует упомянуть, что влияние каверны на режим движения высокоскоростного подводного аппарата осуществляется через коэффициент сопротивления кавитатора.

Функция Ляпунова принимается в виде квадратичной формы, определенной в каждой точке траектории. Дальнейшая аппроксимация поточно квадратичных форм позволяет получить общую, нелинейную функцию Ляпунова.

Список используемых источников:

1. Малкин И.Г. «Теория устойчивости движения» // Изд-во «Наука», 1966.

2. Четаев Н.Г. «О выборе параметров устойчивости механической системы».

3. Ла-Салль Ж., Лефшец С. «Исследование устойчивости прямым методом Ляпунова» // М.: Мир, 1964.

Развитие навигации и управление воздушным движением в Российской Федерации для беспилотных летательных аппаратов

Шумилов Р.Р.

МГТУ ГА, Москва

Инерциальная навигационная система (далее – ИНС) используется для определения местоположения и скорости БПЛА на основе данных о движении беспилотника. Они работают независимо от внешних сигналов, что делает их очень полезными в ситуациях плохой видимости или отсутствия сигналов ГНСС. Сочетание ГНСС и ИНС повышает надежность и точность навигации [2].

Система визуальной навигации использует камеры и другие датчики для определения положения БПЛА относительно окружающей среды. Это может включать в себя идентификацию объектов, определение расстояний и построение карт.

Системы связи обеспечивают связь между БПЛА и оператором или контролирующим центром. Это может быть реализовано через радиосигналы, спутниковую связь или мобильные сети. Надежная связь необходима для передачи данных о состоянии БПЛА, а также для получения команд от оператора.

Инфраструктура управления воздушным движением (далее – УВД) включает в себя наземные станции, радары, системы отслеживания и управления полетами. Эти компоненты обеспечивают безопасное и эффективное управление движением БПЛА в воздушном пространстве. УВД должно учитывать как традиционные пилотируемые воздушные суда, так и беспилотники, что требует интеграции различных технологий.

Системы автоматического управления современные БПЛА часто оснащены системами автоматического управления, которые позволяют выполнять полеты с минимальным вмешательством оператора. Это включает в себя автоматическое взлет, посадку и выполнение заданных маршрутов. Такие системы могут использовать алгоритмы машинного обучения для оптимизации маршрутов и повышения безопасности.

УВД включает в себя системы мониторинга, которые отслеживают положение всех воздушных судов в реальном времени. Это позволяет избежать столкновений и управлять воздушным движением операторы могут получать информацию о погодных условиях, изменениях в маршрутах других судов и других факторах, влияющих на безопасность полетов.

Система навигации и УВД для БПЛА функционирует в рамках единой экосистемы, где каждый компонент играет свою роль. При запуске БПЛА он получает данные о своем местоположении через ГНСС и начинает следовать заранее заданному маршруту. В процессе полета система автоматически корректирует курс с учетом данных от ИНС и визуальных сенсоров.

Одновременно с этим наземные станции отслеживают положение БПЛА и взаимодействуют с оператором. В случае необходимости оператор может вмешаться в управление или изменить маршрут полета. Все эти процессы происходят в реальном времени, что обеспечивает безопасность и эффективность использования БПЛА.

В ходе эксплуатации возникают новые проблемы и риски, связанные с УВД.

С увеличением числа БПЛА в небе возникает риск перегрузки воздушного пространства, особенно в городских районах. Это может привести к конфликтам между пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами.

На данный момент существует недостаток унифицированных стандартов и регуляций для использования БПЛА. Это затрудняет интеграцию БПЛА в существующую систему УВД.

БПЛА подвержены техническим сбоям, что может привести к авариям и инцидентам. Проблемы с навигацией, связь и программным обеспечением могут стать причиной потери контроля над аппаратом.

Идентификация БПЛА в воздушном пространстве представляет собой сложную задачу, так как многие из них не имеют встроенных систем, позволяющих отслеживать их местоположение.

В связи с этим, необходима работа над созданием международных стандартов и регуляций для БПЛА. Это поможет унифицировать требования к безопасности, регистрации и эксплуатации беспилотников.

Внедрение современных технологий, таких как системы автоматического управления воздушным движением, может помочь в управлении большим количеством БПЛА. Использование искусственного интеллекта для анализа данных о движении может повысить эффективность УВД.

Обучение операторов БПЛА и их сертификация помогут снизить риски, связанные с человеческим фактором [3]. Операторы должны знать правила эксплуатации и быть готовыми к экстренным ситуациям.

Разработка более эффективных систем идентификации БПЛА, таких как ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast), позволит улучшить отслеживание и мониторинг беспилотников в воздухе [4].

Повышение уровня кибербезопасности для БПЛА и систем УВД поможет защитить от потенциальных угроз. Это включает в себя регулярные обновления программного обеспечения и использование шифрования данных.

Определение специальных зон для полетов БПЛА поможет снизить вероятность конфликтов с пилотируемыми воздушными судами. Эти зоны могут быть организованы в менее загруженных частях воздушного пространства.

С учетом растущей популярности БПЛА необходимо активно работать над решением возникающих проблем и рисков, связанных с управлением воздушным движением. Комплексный подход, включающий разработку стандартов, внедрение новых технологий и обучение операторов, позволит обеспечить безопасное и эффективное использование беспилотных летательных аппаратов в гражданской авиации.

Список используемых источников:

1. Степаненко, А. С. Метод защиты авиационного радиоэлектронного оборудования от несанкционированных воздействий.
2. Степаненко, А. С. Развитие навигационных систем в гражданской авиации / А. С. Степаненко.
3. Большедворская, Л. Г. Принципы формирования профиля компетенций ключевых профессий поставщика авиационных услуг / Л. Г. Большедворская, Е. В. Степаненко.
4. Власова, А. В. Методы выявления опасных факторов при выполнении полетов воздушных судов в условиях реализации концепции CNS/ATM.

Алгоритм повышения точности навигационного решения при резервировании инерциальной навигационной системы

Яценко Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нгуен Н.М.

МАИ, Москва

В современном мире предъявляется все больше требований к воздушным судам с целью обеспечения безопасности выполнения полета. Инерциальные навигационные системы (ИНС) относятся к бортовым измерительно-вычислительным устройствам, существенно влияющим на безопасность полетов. Повышение безотказности ИНС является одной из актуальных задач в настоящее время, так как данная система является ядром пилотажно-навигационного комплекса на борту воздушного судна.

Задача обеспечения безотказности ИНС в основном решается применением тройного резервирования, при котором на борту воздушного судна устанавливается три независимых друг от друга блока БИНС. Основным недостатком БИНС является накопление ошибки из-за наличия дрейфов в показаниях гироскопов и акселерометров. Для повышения точности ИНС на борту современных воздушных судов применяется алгоритм осреднения, который объединяет данные от всех независимых БИНС.

В работе предполагается рассмотреть две возможные схемы осреднения:

- 1) прямое осреднение, заключающееся в осреднении непосредственно самих показаний БИНС;
- 2) косвенное осреднение, заключающееся в осреднении скорректированных показаний БИНС по спутниковой навигационной системе (СНС).

Для решения данной задачи синтезирована математическая модель комплексной навигационной системы, включающей в себя три независимые БИНС, СНС, алгоритм комплексной обработки информации и алгоритм осреднения. Методом статистического моделирования проведено исследование по определению наилучшей схемы осреднения.

Список используемых источников:

1. Groves P.D. Navigation using inertial sensors [Текст] // IEEE AESS System Magazine. – 2015. – №2 – С. 42-69.
2. Афенко К.А. Методы контроля навигационной информации инерциальной системы / К.А. Афенко, Ю.В. Гавриленко, В.В. Грошев, Н.А. Зайцева // Труды МИЭА. – 2014 - №8. – С. 64-75.

Секция №3.2 Вычислительные системы, сети и информационные технологии

Оценка параметров трехмерного объекта по облаку точек в программах на языках IEC 61499

Александров А.А., Павлов О.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается растущая тенденция на автоматизацию производственных процессов. Стандарты языков IEC 61499 [1] созданы для создания распределенных систем управления с помощью сети функциональных блоков. Программа на таком языке представляет собой ориентированный граф из функциональных блоков, обменивающихся данными по событиям. Данная программа имеет текстовый вид, что позволяет интерпретировать ее на устройстве, не прибегая к перекомпиляции среды исполнения. Несомненным преимуществом является наличие реализаций сред исполнения и конфигурации в открытом доступе. Наиболее известными такими решениями является среда разработки 4diac совместно со средой исполнения forte [2].

Оценка параметров объекта по облаку точек является одним из способов геометрического контроля качества изготовления деталей, и находит свое применение в различных областях, таких как металлообработка [3] и другие. Интеграция алгоритмов обработки облака точек объектов, а также алгоритмов предобработки этих облаков в стандартную библиотеку языка IEC 61499 позволят существенно расширить область применения данных языков.

Интеграция данных алгоритмов рассмотрена на примере среды исполнения forte и среды разработки 4diac. В процессе разработки созданы функциональные блоки алгоритмов оценки параметров, сбора и фильтрации облака точек для среды разработки 4diac. В среду исполнения forte добавлены исходные коды и поддержка функциональных блоков среды разработки [4].

Проверка осуществляется на стенде точки контроля качества изготовления детали, состоящей из конвейера, устройства сбора облака точек и контроллера, на котором развернута среда исполнения forte. Цепочка обработки состоит из следующих этапов: блок сбора облака точек, получает облако точек объекта в реальном времени, блок фильтрации сглаживает облако и убирает шумы, блок оценки параметров детали проверяет заданные параметры, на наличие отклонений от заданных параметров, блок индикации показывает статус проверки облака текущей детали.

Список используемых источников:

1. Zöttl A., Strasser T. (ed.). Distributed control applications: guidelines, design patterns, and application examples with the IEC 61499. – CRC Press, 2017.
2. 4diac FORTE – IEC 61499 Runtime Environment [Электронный ресурс]. – URL: <https://eclipse.dev/4diac/> (Дата обращения 25.11.2021).
3. Александров А.А., Максимов А.Н. Метод измерения диаметра изделий с помощью стереозрения при их изготовлении на токарном станке // Мягкие измерения и вычисления. 2024. № 5. Т. 78. С. 5–14.
4. МАКСИМОВ А. Н., АЛЕКСАНДРОВ А. А., РОМАНОВ В. Д. МЕТОД ЧТЕНИЯ КАДРОВ С ВИДЕОКАМЕР И РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРОГРАММАХ НА ЯЗЫКАХ СТАНДАРТА IEC 61499 // НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ Учредители: ООО «Рашин Сайнс». – №. 4. – С. 96-98.

Отслеживание объекта с помощью системы видеоконтроля при автоматизации системы управления учебным макетом летательного аппарата

Бесчервтная Е.М., Волкова А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Симонов В.Л.
РГСУ, Москва

В ходе автоматизации систем управления летательными аппаратами, решающую роль играет возможность беспилотного полета летательного аппарата (ЛА) в направлении целевого объекта, при этом важной функцией является распознавание и отслеживание объекта. Рациональный выбор компонента, отвечающего за распознавание объектов, и способа его соединения с микроконтроллером обеспечивает отслеживание объекта. Оно, в свою очередь, позволяет сделать управление системой автоматическим, поскольку будут получены данные о местоположении объекта, от которых будет зависеть направленность полета ЛА. В настоящей статье рассматривается область автоматизации учебных макетов авиамodelей, где может быть использован видеоконтроль [1, 4].

В рамках проекта реализована система получения данных о нахождении объекта из видеосигнала. В дальнейшем, планируется завершить автоматизацию системы управления учебного макета летательного аппарата путем применения системы видеоконтроля. В проекте реализовано получение данных для полета в направлении целевого объекта. Здесь учитывается, что объект обнаружен системой, т.е. сама система выдает сигнал о его присутствии постоянно. Если объект «теряется», т.е. система не выдает данные о его местоположении, то в лучшем случае система переходит в другой режим функционирования, стабилизируется и «ждет» повторного обнаружения целевого объекта, прекращая выдачу данных о нем. В худшем случае – система становится дезориентированной, и полет заканчивается. Попытка автоматически направить полет в направлении нужного объекта терпит неудачу.

Для того, чтобы вышеописанная проблема не возникала, будет эффективным применение системы видеоконтроля [2]. Она позволяет распознать объект и начать его отслеживать. Данная система «следит», находятся ли в ее поле зрения объекты, на поиск которых она нацелена [3].

Результатом экспериментального тестирования системы была выявлена целесообразность ее использования. Для монтажа системы видеоконтроля, понадобились следующие компоненты:

Arduino x 1 шт.

Набор проводов «мама-мама» x 1 комплект

Breadboard x 2 шт.

Камера Pixy2, набор с USB-кабелем и шлейфом для подключения к Arduino x 1 комплект

Механизм панорамирования и наклона камеры Pixy2 CMUcam5, набор x 1 комплект

Trema Shield x 1 шт.

USB-кабель для Arduino x 1 шт.

Система видеоконтроля была успешно смонтирована. В состав программного обеспечения вошли среда разработки Arduino IDE и программа PixyMon (вторая версия).

Камера Pixy2 имеет плату, поэтому она была прошита, и было установлено соединение с программой PixyMon. В последней отобразился видеоряд с камеры. Затем был настроен баланс белого, выбран целевой объект. Камера была «обучена» объекту с помощью PixyMon, настройки программы были сохранены для дальнейшего использования. Удалось добиться обнаружения объекта камерой, т.е. сам объект помечался прямоугольником в программе PixyMon на видеоряде. Им был получен порядковый номер, ему было дано наименование.

Для микроконтроллера Arduino была написана прошивка на языке C++. Был задан тип интерфейса – SPI, и использована библиотека Pixy2I2C.h для работы с камерой Pixy2, был создан объект pixy. В блоке Setup (Настройка) подготовили Serial-монитор и камеру к работе. Далее с помощью цикла (Loop) были найдены блоки данных об обнаруженном

объекте и выведены в монитор порта. Были выведены данные о количестве объектов, их координаты в кадре, наименование, индекс (очередность), количество «увиденных» камерой кадров с момента включения.

Таким образом, было получено текстовое представление сигналов об обнаружении объекта. Данные, фиксируемые камерой Pixu2, можно использовать для задания углов тангажа и курса беспилотному полету учебного макета ЛА.

Список используемых источников:

1. Макаренко С.И., Козлов К.В. Автоматизированная система управления беспилотными летательными аппаратами при совместном решении ими специальных задач // Системы управления, связи и безопасности. 2025. № 1. С. 131-155. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-1-131-155.
2. Гусенкова А.А. Применение систем видеонаблюдения и автоматизированных систем биометрической идентификации человека при производстве портретных экспертиз и исследований (на примере аппаратно-программного комплекса «Безопасный город») // Вестник Московского университета МВД России. 2021. № 6. С. 86-90. <https://doi.org/10.24412/2073-0454-2021-6-86-90>.
3. Головкин М.Е. Автоматизированная система для инвариантного распознавания изображений. Информатизация образования и науки. 2024. № 1 (61). С. 43-52.
4. Краснов А.Е., Головкин М.Е., Никольский Д.Н., Благовещенский В.Г. Волновая сеть для распознавания изображений. Автоматизация в промышленности. 2022. № 10. С. 28-33.

Разработка архитектуры взаимодействия программно-аппаратных компонентов авионики и беспилотных систем с автоматизированным конфигурированием

Борисов А.И., Морина М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

Современные программно-аппаратные комплексы авионики и беспилотных систем крайне сложные и многоуровневые. Каждая система обладает уникальными характеристиками и разрабатывается для выполнения уникального набора задач. Это приводит к тому, что программные и/или аппаратные компоненты использовать повторно крайне проблематично, а их взаимозаменяемость практически невозможно обеспечить. Для решения подобной проблемы команды разработчиков используют различные стандартизированные архитектуры разработки и взаимодействия программно-аппаратных компонентов.

Среди наиболее известных архитектур можно выделить FACE — стандартизированную архитектуру взаимодействия программного обеспечения на системном уровне, которая была разработана для военных авиационных систем [1], и SOSA — открытую модульную архитектуру для сенсорных систем [2]. Однако обе архитектуры обладают рядом ограничений:

- архитектура FACE ориентирована на стандартизацию только программных компонентов [3];
- архитектура SOSA ориентирована на стандартизацию аппаратных компонентов, в основном датчиков и сенсоров, и возможность взаимодействия с существующими программными компонентами;
- обе архитектуры не предполагают отсутствие общих для индустрии стандартов на составляющие системы;
- обе архитектуры созданы при прямой [4] или косвенной [5] поддержке Министерства обороны США.

В рамках данной работы была разработана концепция архитектуры, сочетающей лучшие стороны аналогов, учитывающей их особенности и предлагающей автоматизированный подход к конфигурированию программно-аппаратного комплекса.

Эталонная архитектура должна состоять из 4 базовых сегментов:

- сегмента транспортных служб;
- сегмента платформозависимых служб;
- сегмента служб ввода-вывода;
- сегмента операционной системы.

Каждый сегмент включает несколько модулей, причём модули могут быть исключены из архитектуры.

Кроме 4 базовых сегментов архитектура включает службу конфигурации (аналог Plug & Play). В общем случае Plug & Play — технология [6], которая позволяет операционной системе компьютера автоматически распознавать и настраивать аппаратные устройства без необходимости ручного вмешательства.

В случае программно-аппаратных комплексов авионики и беспилотных систем служба конфигурации позволяет отслеживать изменения в составе аппаратного (подключение или отключение устройств / сенсоров) и прикладного программного обеспечения.

Для программной реализации службы с целью получения оповещений об изменении состояния объектов можно использовать поведенческий шаблон проектирования «Наблюдатель».

При получении сигнала об изменении служба посылает каждому из сегментов архитектуры команды, которые обеспечивают включение необходимых и исключение ненужных модулей. Например, при подключении устройства по интерфейсу Ethernet в сегмент операционной системы добавляется модуль стека сетевых протоколов и драйвер Ethernet, исходные коды которых хранятся в постоянной памяти, но их объекты при этом заранее не были проинициализированы и, соответственно, не использовали аппаратные ресурсы системы.

Для взаимодействия программных компонентов с аппаратным обеспечением разрабатывается абстрактное стандартизированное API, обеспечивающее обмен данными через любые используемые интерфейсы вне зависимости от специфики подключаемого оборудования.

Для работы с аппаратным и системным программным обеспечением системы при выполнении некоторых задач используется прикладное программное обеспечение. С целью обеспечения возможности взаимодействия с системой любого прикладного ПО предлагается использовать дополнительную службу обработки запросов.

Программная реализация службы предполагает использование поведенческого шаблона проектирования «Команда»: запрос от прикладного ПО преобразуется в объект, который инкапсулирует (содержит) всю информацию, необходимую для выполнения действия или запуска события в системе. Далее запрос передаётся через стандартизированное API и обрабатывается соответствующим модулем, так же добавленным в систему после запроса о реконфигурации от службы конфигурации.

Описанный подход к автоматизированной конфигурации программно-аппаратного обеспечения позволяет сделать его более гибким и приспособленным к использованию в различных системах авионики и беспилотных систем. Однако необходимы дальнейшие теоретические и практические исследования целесообразности его применения.

Велика вероятность, что система с автоматизированной реконфигурацией потребует значительных ресурсов, в том числе памяти. Это может оказаться неприемлемым в случае небольших беспилотных систем.

Кроме того, системы авионики работают в режиме «реального времени» с минимальными задержками, а процесс реконфигурации может занимать несопоставимо больший промежуток времени. С другой стороны, при определённых условиях разница между временными диапазонами может не учитываться, а её влияние на производительность системы — считаться незначительным.

Список используемых источников:

1. T. O. G. Standard, FACE Technical Standard, Edition 3.2, 2023.
2. T. O. G. Snapshot, Technical Standard for SOSA Reference Architecture, Edition 2.0, Version 2, 2024.

3. O. S. media, «Q and A with Alicia Taylor Program Director, FACE Consortium,» FACE Special Edition, pp. 6-8, 2023.

4. T. O. Group, «Procurements,» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.opengroup.org/face/procurements>. (Дата обращения: 12.02.2025).

5. D. Taylor, «SOSA aligned avionics systems for UAVs to be developed by KAL, Curtiss-Wright,» [Электронный ресурс]. URL: <https://militaryembedded.com/unmanned/test/sosa-aligned-avionics-systems-for-uavs-to-be-developed-by-kal-curtiss-wright>. (Дата обращения: 13.02.2025).

6. K. G. M. I. Daniel Hellström, Gaisler RTEMS driver documentation, 2012.

Разработка программного обеспечения автоматической регистрации данных для специализированной вычислительной системы

Горностаева Л.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Звонарёва Г.А.

МАИ, Москва

Обеспечение автоматической регистрации данных является важной задачей в реализации современных вычислительных систем, особенно в специализированных областях, где точность и скорость обработки информации имеют первостепенное значение.

В рассматриваемом классе систем управляющий компьютер отправляет пользователям данные по сети. Каждый пользователь самостоятельно вручную регистрирует пришедшие данные, что приводит к следующим проблемам:

- дублирование данных – каждый пользователь записывает полученные данные на свой диск;
- потери данных и переполнение диска – в случае если пользователь в нужный момент забыл нажать на начало или конец записи данных соответственно;
- сложность диагностики поломки – в случае потери соединения с управляющим компьютером отследить, что происходило до этого, невозможно;
- сложность получения данных, записанных другим пользователем.

В связи с этим возникла необходимость в разработке системы, которая устранил перечисленные проблемы. В докладе рассматриваются аспекты разработки автоматической системы регистрации данных. В системе реализована возможность централизованной работы пользователей с зарегистрированными данными, благодаря разделению программного обеспечения регистратора данных и пользователей. Также в системе обеспечивается постоянная автоматическая регистрация данных, пришедших за последние 15 минут, исключая безвозвратную потерю данных из-за пользовательской ошибки.

Разработанное программное обеспечение регистратора данных имеет модульную архитектуру. Разработаны и реализованы следующие программные модули: модуль получения и обработки данных, модуль работы с хранилищем, модуль взаимодействия с пользователями. Основной частью системы является модуль получения данных, который читает из UDP сокета данные, отправленные управляющим компьютером, и обрабатывает их. Обработанные данные сохраняются модулем работы с хранилищем в требуемом виде на SSD. Удаленное управление работой регистратора осуществляется с помощью модуля взаимодействия с пользователем, который получает от пользователя соответствующую команду и выполняет ее.

Также была проведена оценка времени регистрации данных и влияние на данный параметр способа формирования последовательности данных, пришедших за последние 15 минут, в модуле получения и обработки данных.

Исследование и разработка метаэвристических алгоритмов для оптимизации задач размещения объектов на космических аппаратах с применением высокопроизводительных гетерогенных вычислительных систем

Гриднев А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

Проектирование и создание любого космического аппарата состоит из множества этапов, одним из которых является размещение полезной нагрузки. В силу ограниченных возможностей ракет-носителей на проектируемый аппарат накладываются ограничения по весогабаритным характеристикам, из-за чего всегда стоит задача размещения объектов оптимальным образом. Данную проблему относят к классу оптимизационных задач «задача упаковки», в следствии чего она является NP-трудной. [1, 4] Применительно к спутникам некоторые авторы отмечают, что оптимизация компоновки оборудования является жизненно важным этапом всего процесса проектирования спутника. [2] Основной сложностью данной задачи является размещение большого количества разнообразных объектов, удовлетворяя значительному количеству разносторонних накладываемых ограничений.

Данная проблема в основном решается вручную перебором множества возможных вариантов с опорой на человеческий опыт, что приводит к значительным временным и ресурсным затратам. Также необходимо отметить, что уже существуют алгоритмы для автоматизации решения данной проблемы, но появились они относительно недавно.

На текущий момент предложено множество методов решения задачи упаковки, базирующихся на численных методах, метаэвристических алгоритмах, динамическом программировании, целочисленном линейном программировании, техниках машинного обучения. [1, 2, 4]. Но для задачи оптимизации размещения объектов предложено не так много методов. Из метаэвристических алгоритмов в основном применяется генетический алгоритм и его модификации, как пример, работа [1], а в [3] предложен метод, основой которого является алгоритм имитации отжига. В [2] предложен метод, в основе которого лежит функция Эйлера.

На основе [1] выделим наиболее часто устанавливаемые ограничения: ограничения пересечения между объектами; ограничения пересечения объекта и корпуса аппарата; ограничение баланса, иначе ограничение позиции центра масс аппарата; ограничение по силе и направлению инерции; функциональные ограничения – авторы определили их как несовместимость некоторых объектов между собой, в силу воздействия их электромагнитных полей друг на друга. В следствии чего добавляется еще одно ограничение на расстояние между объектами.

Выдвигают ограничения из-за особенностей объекта, как пример, накладывают ограничение на расстояние между объектами из-за наличия у них тепловых трубок, что можно отнести к функциональным ограничениям из списка, описанного ранее.

Но у всех рассмотренных методов решения задачи оптимизации размещения объектов есть некоторые недостатки. Размещается небольшое количество объектов – в [1] отмечено увеличение количества объектов до 60, в [4] два набора 51 и 53 объекта. Стоит отметить, что большая часть работ рассматривает вариант задачи с одним отсеком, когда в [1] рассматривается несколько, что закономерно ставит еще одну задачу – оптимального распределения объектов между контейнерами. Также во многих работах в качестве эталона рассматривается реальный космический аппарат, размещение которого принимается за оптимальное, что с одной стороны упрощает реализацию метода для решения, с другой, возможно, лишает предлагаемые методы универсальности и независимости от формы аппарата.

Данную задачу рассматривают и с другой стороны – предлагают проводить оптимизацию компоновки оборудования проектируемых аппаратов с точки зрения эргономики.

Рассмотрев существующие подходы к решению оптимизации задач размещения объектов, можно сформулировать актуальность предлагаемой темы: оптимальное

размещение объектов является жизненно важным этапом всего процесса проектирования космического аппарата. Современные аппараты становятся сложнее: количество объектов растет; оборудование усложняется, что вызывает дополнительные требования к их размещению. Также усложняются и задачи, устанавливаемые перед космическими аппаратами. Эти события в значительной степени усложняют ограничения для оптимизации размещения объектов. Некоторые популярные метаэвристические алгоритмы вовсе не рассматривались для данной задачи, как пример, муравьиный алгоритм. Данный факт вызывает необходимость проведения сравнительного анализа эффективности классических метаэвристических алгоритмов, и на основе их сильных сторон формирования улучшенного метода, что позволит, как ускорить процесс поиска решения, так и решать более сложные варианты задачи.

Кроме того, стоит рассмотреть применение высокопроизводительных гетерогенных вычислительных систем, т.к. они позволяют значительно ускорить процесс вычислений и обрабатывать большие объемы данных, что является критически важным для задач оптимизации. Разработка структур и алгоритмов, адаптированных для таких систем, не только повысит производительность вычислений, но и обеспечит более точное и быстрое решение задач размещения объектов. Таким образом, актуальность данной темы исследования заключается в необходимости создания эффективных инструментов для решения комплексных задач, стоящих перед современными космическими аппаратами.

Список используемых источников:

1. Gamot J. et al. Two-Level Approach for Simultaneous Component Assignment and Layout Optimization with Applications to Spacecraft Optimal Layout //Applied Sciences. – 2024. – Т. 14. – №. 18. – С. 8120.
2. Cong W. et al. A Spacecraft Equipment Layout Optimization Method for Diverse and Competitive Design //CMES-Computer Modeling in Engineering & Sciences. – 2023. – Т. 136. – №. 1.
3. Fakoor M., Taghinezhad M. Layout and configuration design for a satellite with variable mass using hybrid optimization method //Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering. – 2016. – Т. 230. – №. 2. – С. 360-377.
4. Liu J. et al. Multi-objective layout optimization of a satellite module using the Wang-Landau sampling method with local search //Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering. – 2016. – Т. 17. – №. 6. – С. 527-542.

Субпиксельный анализ растрового изображения

Зубков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Общая задача анализа изображений на текущий момент является актуальной во множестве прикладных сфер, существуют различные подходы к ее решению и поиску способов их реализации. Эту задачу можно условно разделить на некоторые категории, одной из крупнейших является задача анализа сцены и выделения объектов. Существуют разные методы обнаружения заданного (конкретного или через образы) объекта, многие из которых основываются на выделении в изображении характерных черт этого объекта, поиск и выделение образов. Эти методы применимы в случаях, когда на изображении объект занимает площадь, значительно большую, чем 1 пиксель, так как только в таких случаях представляется возможным выделить какие-либо характерные геометрические черты самого объекта, в противном случае мы не имеем достаточного количества информации для решения этой задачи.

В качестве примера подобной задачи может выступать визуальный анализ поверхности воды в целях обнаружения на изображении человека в спасательном жилете, в таком случае, при разрешении камеры в 3840 x 2160 пикселей и угле обзора в 60 градусов уже на расстоянии около 2 км человек в спасательном жилете будет занимать менее 1 пикселя, что переводит задачу выделения такого объекта в разряд субпиксельных.

В подобных случаях возникает необходимость в выделении иных черт объекта, как, например, цветовые параметры, параметры перемещения предполагаемого объекта на плоскости изображения. В случае с непрерывным видеопотоком, для получения большего количества информации рационально реализовать алгоритм обработки изображения с камеры с внутренней записью предыдущих изображений, так как это позволит расширить возможности анализа во времени. Также, в случае работы с видимым спектром и цветным изображением, очевидным решением представляется анализ не только цельного цветного изображения, но и разбиение его на составляющие его спектры красного, зеленого и синего цветов. Возможно составление градиентных масок по разделенному спектру изображения с целью обнаружения выделяющихся объектов, помимо этого возможно использование накопительной маски для увеличения стабильности, уменьшения ложно-отрицательных и ложно-положительных результатов. При известных чертах объекта возможно создание накопительной маски с определенным фильтром по известному параметру или набору параметров искомого объекта.

Таким образом, субпиксельный анализ представляет из себя инструмент для алгоритмического увеличения возможностей по обнаружению объектов, который при определенных условиях может существенно снизить потребность в инструментальном улучшении, увеличивая тем самым эффективность использования доступных и пространственных технических решений.

Представляется использование и в авиационной сфере, например, для реализации системы предупреждения о воздушном препятствии перед летательным аппаратом на этапе взлета и посадки, во время которых существует опасность возникновения подобных помех. Так, например, в истории авиации не раз происходили случаи, когда при взлете пилот замечал перед летательным аппаратом стаю птиц и совершал маневр для того, чтобы избежать столкновения. Возможна реализация системы, упрощающая пилоту задачу анализа сцены перед летательным аппаратом.

Список используемых источников:

1. Козлов В. Л., Васильчук А. С. Субпиксельная обработка изображений для измерения дальности на основе цифровой фотокамеры // Приборы и методы измерений. 2012. №1 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/subpikselnaya-obrabotka-izobrazheniy-dlya-izmereniya-dalnosti-na-osnove-tsifrovoy-fotokamery> (дата обращения: 26.02.2025).
2. Фетисов Дмитрий Вадимович, Колесников Александр Николаевич Субпиксельная обработка данных дистанционного зондирования земли // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/subpikselnaya-obrabotka-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli> (дата обращения: 26.02.2025).

Асинхронная модификация метода муравьиных колоний для переупорядочивания гиперпараметров

Иванова П.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

В настоящее время сложные математические модели обычно рассчитываются на отдельных вычислительных кластерах. Как правило такие модели требуют многократного расчета на различных входных данных для нахождения оптимального решения задачи, при этом если речь идет о многокритериальных задачах, то таких решений может быть несколько. Таким образом отправление на вычислительный кластер сразу всех наборов значений для получения одного результата не всегда эффективно, поскольку затрачивает слишком много ресурсов вычислительного кластера и может выдать некорректный результат, если речь идет о многокритериальных задачах. Переупорядочивание гиперпараметров позволяет системе не сходясь к единственному, не всегда оптимальному решению и выбрать набор входных параметров, дающих оптимальное решение за минимальное количество итераций.

Изначально метод муравьиных колоний применялся для решения задачи коммивояжёра, однако его исследования и модификация позволяют использовать его в решении оптимизационных задач. Для этого все параметры и их значения, необходимые для расчета приставляются в виде графовой модели. каждому значению параметра выделяется узел, при этом узлы значений одного параметра выделяются в отдельный слой. Связь между узлами образовывается таким образом, что из любого узла $i-1$ слоя можно попасть в любой узел i слоя, при этом узлы одного слоя никак не связаны и из i слоя нельзя попасть и в $i-1$ слой. Такое представление данных позволяет модифицировать метод муравьиных колоний. Так как ребра графа несут исключительно связывающий характер, веса, используемые в методе муравьиных колоний (феромон), с них можно перенести на узлы графа. Путь в графе определяется последовательным переходом агентов из слоя в слой, таким образом в результате получается путь, который содержит в себе ровно по одному узлу из каждого слоя. Таким образом получается набор значений для отправления на вычислительный кластер.

Основным вычислительным ресурсом является время работы кластера, поскольку чем раньше будет найдено оптимальное решение, тем раньше программа завершит свою работу и тем меньше кластер будет загружен. Последовательный поиск агентами наборов значений, и их отправка на кластер приводят к тому, что кластер простаивает все то время пока агент ищет уникальный путь.

Для решения этой задачи предложена асинхронная версия алгоритма, которая позволяет достичь случая, когда объем поступающих данных превышает скорость их обработки на вычислительном кластере. Чтобы обеспечить непрерывное отправление данных на кластер реализовано 2 потока: первый поток осуществляет параллельный поиск агентами путей в графе и занесение найденных наборов в очередь, при этом каждый набор идентифицируется ID агентом. Второй поток осуществляет непрерывную проверку очереди и в случае, если она не пуста, то он выбирает из нее запись по принципу FIFO и отправляет ее через модуль отправления данных на вычислительный кластер. После того, как модуль отправления данных получает результаты расчета кластера он отправляет их пользователю в клиентскую часть приложения и запускает процесс пересчета феромонов в копии графа. По сути, происходит решение классической задачи производителя-потребителя, которая требует, чтобы задача выбора путей в графе была мощнее, чем задача отправления данных на вычислительный кластер.

Совместный поиск агентов в графе может привести к коллизиям, поскольку после получения значения целевой функции агент изменяет веса феромонов на узлах. Поэтому необходимо ввести копию графа, на которую агенты будут вносить изменения. Когда агент обращается к графу он делает это через менеджера сообщений, которой проверяет вносились ли изменения в граф более ранними агентами. Если изменения вносились, то агент отправляется на обновленную копию графа, если же нет, то на основной. При этом, если копия графа отличается основного, то менеджер запускает копирование изменений в основной граф.

Для экономии вычислительных ресурсов набор значений, отправляемых на него, должен быть уникальным. Для этого были введены хэш-таблицы.

Асинхронная модификация метода позволяет отправлять данные на вычислительный кластер пакетами из нескольких наборов. Такое изменение так же положительно сказывается на времени работы. Однако оптимальный размер пакетов требует дальнейшего изучения.

Список используемых источников:

1. Сукар Л.Э. (2021) Вероятностные графовые модели. Принципы и приложения / пер. с англ. А. В. Снастина. М.: ДМК Пресс. 338 с.
2. Сеницын И.Н., Титов Ю.П. Оптимизация порядка следования гиперпараметров вычислительного кластера методом муравьиных колоний. // Системы высокой доступности. – 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 23-37. – DOI 10.18127/j20729472-202203-02.
3. Судаков В.А., Титов Ю.П., Сивакова Т.В., Иванова П.М. Применение метода муравьиных колоний для поиска рациональных значений параметров технической системы // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша – 2023 – №38. – С.18 – URL:

4. Титов Ю.П., Судаков В.А. Модификация асинхронного метода муравьиных колоний для задач поиска рациональных решений параметрической задачи // Труды МАИ. – 2024 – №135. – URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=179694> (Дата обращения: 5.05.2024).

Разработка критериев тематической схожести

Калугин К.А., Красоткин С.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

В ходе научной деятельности регулярно возникают ситуации, когда несколько научных коллективов занимаются исследованием одной и той же задачи. Это может происходить как в рамках общего проекта, так и в процессе слияния лабораторий. Для эффективного планирования научной деятельности необходимо понимать, какими компетенциями обладают участники.

Данная работа предлагает оценку существующих метрик, применимых к задаче тематического сравнения, разработку новых метрик, а также методы оценки точности решения задачи тематического сравнения на примере сравнения отдельных исследователей.

Построение профилей ученых и научных групп осуществляется на основании многоуровневого графа знаний, взятого из Информационной системы анализа научной деятельности (ИСАНД). Эта система направлена на хранение, обработку и анализ научных работ ученых и сопутствующей метainформации.

Рассмотрим критерии, применяемые для определения тематической схожести. К ним относятся коэффициент L1, коэффициент Спирмена, коэффициент Пирсона, косинусное расстояние, а также композитный критерий SPM, основанный на последних трех. Все критерии первоначально оценивались экспертно и рассчитывались для частного случая — коллективов, состоящих из одного человека. Таким образом, была предпринята попытка найти тематически похожих ученых. На основании экспертной оценки был выделен «фаворит» — композитный критерий, который показывает наиболее приближенные к реальности результаты. То есть два человека с высоким значением данного критерия, скорее всего, занимаются тематически похожими исследованиями.

После экспертной оценки был разработан еще один способ оценки точности — критериальный. Основываясь на гипотезе о том, что ученые, занимающиеся тематически близкими исследованиями, скорее всего, являются соавторами, можно предположить, что чем больше соавторов встречается среди первых N людей при сортировке по определенному критерию, тем точнее этот критерий работает.

Таким образом, в ходе работы были разработаны и протестированы несколько критериев тематического сравнения. Также был создан метод оценки точности без привлечения экспертов. В дальнейшем планируется разработка и оценка новых критериев тематического сравнения, а также добавление новых критериев оценки.

В аэрокосмической отрасли эта система может облегчить планирование сотрудничества между лабораториями, работающими над смежными задачами в одной области. Например, при разработке новой модели самолета решается множество разнообразных задач, выполняемых разными командами. Таким образом, система может помочь им в вопросах взаимодействия друг с другом.

Разработка методов вычисления когнитивной сложности программного кода в целях повышения достоверности результатов статического анализа при использовании различных парадигм программирования

Краснов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ким Р.В.

МАИ, Москва

Статический анализ — это процесс автоматизированной проверки программного кода без его выполнения. Его цель — выявление ошибок, уязвимостей и проблем стиля на ранних этапах разработки.

Объектом статического анализа является исходный код программы, а результатом — отчет о потенциальных проблемах, таких как синтаксические ошибки, нарушение стандартов кодирования, потенциальные утечки памяти или логические ошибки. Существуют различные статические анализаторы, такие как SonarQube, ESLint или Pylint, использующие сложные алгоритмы для анализа кода и предоставления рекомендаций по его улучшению.

Одной из метрик статического анализа программного кода является когнитивная сложность, которая показывает, насколько написанный код сложен для восприятия разработчиком. Высокий показатель когнитивной сложности является одним из факторов отнесения данного кода к потенциально уязвимому, а также указывает на необходимость проведения рефакторинга кода для облегчения его будущей поддержки. В отличие от цикломатической сложности, которая измеряет количество независимых путей выполнения в коде, когнитивная сложность фокусирует внимание на том, как человек воспринимает код. Она учитывает вложенность конструкций, количество условий, циклов и других элементов, которые могут затруднить понимание кода.

Когнитивная сложность функции рассчитывается на основе следующих правил:

1. Базовое значение: вначале каждой функции присваивается базовое значение сложности, равное 1.
2. Вложенность: Каждый уровень вложенности (например, вложенные циклы или условия) увеличивает сложность на 1.
3. Логические операторы: Каждый логический оператор (например, `&&`, `||`), присутствующий в функции, увеличивает сложность на 1.
4. Прерывания потока: Конструкции, которые прерывают линейный поток кода (например, `break`, `continue`, `goto`), также увеличивают сложность на 1.

Пример:

```
def sum_list_imperative(lst):  
    total = 0  
    for item in lst: # +1 за цикл  
        total += item  
    return total
```

В данном примере когнитивная сложность функции равна 2. Однако, данные правила работают только для императивной парадигмы программирования. Существует проблема, что классический расчет когнитивной сложности не учитывает конструкции, которые используются в функциональной парадигме программирования, что ограничивает ее применимость в современных проектах, где часто смешиваются императивный и функциональный подходы.

Функциональный код часто строится на неизменяемости данных, чистых функциях и композиции, а также использовании лямбда-функций, рекурсий и функций высшего порядка. Эти концепции требуют другого подхода к оценке сложности.

Пример 2:

```
def process_list_functional(lst):  
    filtered = filter(lambda x: x % 2 == 0, lst)  
    mapped = map(lambda x: x * 2, filtered)  
    return sum(mapped)
```

Например, в данном примере 2 когнитивная сложность будет равняться 1, так как не учитываются конструкции функциональной парадигмы программирования например: функциональные конструкции, лямбда функции.

Необходимо ввести новые правила для расчета когнитивной сложности при использовании функциональной парадигмы программирования:

- Функции высшего порядка (map, filter, reduce): +1 за каждую.
- Лямбда-функции: +1 за каждую.
- Рекурсия: +2 за каждый вызов, +1 за уровень глубины.

После введения новых правил когнитивная сложность данного участка кода будет равняться 5.

Классический подход к расчету когнитивной сложности не учитывает особенности функционального программирования, такие как map, filter, reduce и лямбда-функции. Это приводит к заниженным значениям сложности для функционального кода, что не отражает реальной сложности его понимания, а также к появлению ошибок первого и второго рода при проведении статического анализа кода. Для более точной оценки необходимо адаптировать методику расчета, учитывая функциональные конструкции и их влияние на читаемость кода.

Разработка методики анализа компетенции работников и массового назначения обучения

Круглова М.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лукин В.Н.

МАИ, Москва

Предприятиям требуется поддерживать квалификацию сотрудников для эффективной работы. Анализ квалификации касается как текущих работников, так и претендентов на вакансии. С увеличением размера компании и текучести кадров возрастает нагрузка на обучение. Образовательные платформы, как внутренние, так и внешние, помогают в этой задаче. Внутренние решения более адаптированы к нуждам компании, так как учитывают ее специфику. Они позволяют анализировать уровень обученности и назначать необходимые курсы для соответствия компетенции.

В крупных организациях анализ и назначение курсов ручным способом требуют много ресурсов и времени. Необходимость разрешения противоречия между потребностями в организации обучения и соответствующими возможностями кадровых служб приводит к необходимости разработки автоматизированных решений и создания методик анализа компетенций работников и массового назначения обучения.

В публикациях унифицированная методика анализа компетенций и массового назначения обучения (АКиМНО) не найдена. Проведенное исследование впервые дало обобщенное описание методики проектирования систем АКИМНО и используемых методов.

Цель исследования – разработка методики анализа компетенций работников и массового назначения обучения, включающая модели данных и алгоритмы анализа компетенций работников и назначения обучения, пригодной для совершенствования работы кадрового подразделения большой организации.

Задачи исследования:

- 1 – оценить современные кадровые работы по назначению обучения,
- 2 – синтезировать архитектуру подсистемы, частные модели и функций анализа и методики выполнения работ,
- 3 – экспериментально проверить методики,
- 4 – разработать рекомендаций по внедрению методики в практику производства программной продукции.

В ходе исследования использовались методы корпоративного обучения, моделирование процессов и структурный системный анализ, методология проектирования баз данных, реляционная алгебра, а также корпоративные документы с описанием архитектур систем, входящих в состав компании.

Методика создания системы АКМНО учитывает этапы: анализ потребностей заинтересованных лиц в учете компетенций и наличия их у работников, формирование технических требований к системе назначения обучения, разработку и тестирование этой системы и создание рекомендаций по введению продукта в эксплуатацию внутри организации.

Анализ потребностей заинтересованных лиц формирует четкие спецификации, которые служат основой для дальнейшей разработки системы АКМНО. Этот процесс начинается со сбора данных о необходимых возможностях системы, включая критерии анализа компетенций и систему подбора назначаемого обучения. Сбор и результаты анализа позволяют найти компромисс между пожеланиями заказчиков и текущими возможностями системы обучения.

Методика проверена в организации при разработке СПО, которое заменило вендорское решение. Разработка и внедрение методики в эксплуатацию прошло успешно. Проведение работ, согласно методике, позволило компенсировать отставание производственного графика от назначенных стратегических задач. Раньше с помощью вендорского решения среднее число назначений в день превышало 3 тыс. Новая система уже успешно справляется с этой нагрузкой, и планируется увеличение нагрузки за счет добавления новых возможностей. Пользователи отметили более удобный интерфейс, который требует значительно меньше времени на обучение и работу.

В результате проведенного исследования получена методика, проверенная практикой внедрения в производство в рамках IT-подразделения финансовой организации. Программный продукт, созданный на основе данной методики, успешно введен в эксплуатацию. Использование методики позволило сократить длительность производства программного продукта. Получено описание методики исследования процессов управления компетенциями работников в организации.

Классы эквивалентности для тестирования снапшотов виртуальной машины Лисовский О.Р.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лукин В.Н.
МАИ, Москва

Гипервизоры (ПО, позволяющее использовать ресурсы физической машины для создания виртуальных машин (далее ВМ), хранилищ, сетей и т.д. [1]), являются важнейшей частью современных облачных технологий и виртуализации в целом, которая активно применяется при разработке и тестировании авиационных бортовых комплексов и виртуальных рабочих мест для обслуживающего персонала. При активном использовании ВМ требуется возможность быстрого отката изменений их состояния. За эту функцию отвечают снапшоты (моментальные снимки) ВМ: при их использовании создаётся быстрый снимок виртуальных жёстких дисков и, при необходимости, оперативной памяти ВМ. Алгоритм работы снапшотов достаточно сложен, и гипотетических мест, где может произойти сбой, много. Поэтому необходимо выделить основные классы эквивалентности [2] для тестирования и создания алгоритма автоматического тестирования.

Первые классы эквивалентности будут основаны на структуре снапшотов – они могут зависеть не только от виртуальных дисков ВМ, но и от некоторых более ранних снапшотов, и при этом могут полностью не зависеть от других. Первым классом эквивалентности будут единичные снапшоты. Этот класс позволит определить минимальную работоспособность всего раздела «снапшоты». На нём будут проверяться базовые функции: создание, возврат, редактирование, удаление.

Следующим классом эквивалентности являются три последовательных снапшота: от первого создаётся второй, а от второго третий. Такая возможность может потребоваться, например, для многоэтапных экспериментов в рамках ВМ. Этот класс позволяет определить уровень стабильности создания нескольких снапшотов, и более детально покажет надёжность работы функций возврата к снапшоту и удаления, так как в значительной степени удаление работает не как непосредственное удаление, а как консолидация. Для

корректной оценки требуется менять активный снапшот (в который происходит запись изменений на дисках VM) с помощью функции возврата.

Очень важным классом эквивалентности являются параллельные снапшоты. Такая возможность может потребоваться, например, для сравнения нескольких вариантов настроек VM. Особенность этого класса в том, что благодаря ему можно точно удостовериться, что при удалении консолидации будут проходить только элементы активной ветки (путь от активного снапшота до корневого), и элементы сторонних веток либо не будут задействованы, либо будут удалены. Этот класс позволяет значительно увеличить тестовое покрытие для функции возврата благодаря наличию независимых снапшотов. В рамках этого класса есть два подкласса: два и три параллельных снапшота. Это необходимо для проверки сохранения параллельности в небинарных деревьях.

Стоит отметить небольшой класс эквивалентности, затрагивающий более сложное дерево снапшотов: из корня идёт два элемента и из одного из них идёт ещё два элемента. Данный класс позволит добиться максимального покрытия функций удаления и возврата.

На основе этих классов возможно написание большого списка независимых тестов, которые можно будет автоматизировать и приспособить для параллельного запуска. Кроме того, эти классы обеспечивают полное покрытие базовых функций снапшотов. Это позволит повысить надёжность систем виртуализации, что особенно актуально для работ авиационной направленности.

Список используемых источников:

1. Portnoy M. *Virtualization Essentials*. Indianapolis, USA: John Wiley & Sons, 2012. 286 pp.
2. Bhat A., Quadri S. M. K. Equivalence class partitioning and boundary value analysis – A review // *IEEE International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2015, pp. 1557-1562.

Формирование адаптивного графического интерфейса рабочего места оператора системы мониторинга космического пространства на основе методов когнитивной графики

Манцевич С.В., Алексеев Н.А., Михалко Я.А.

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

Финансовый университет, Москва

Мониторинг космического пространства на данный момент является одним из важнейших аспектов обеспечения безопасности космических полётов. Значительное увеличение числа космических аппаратов в околоземном космическом пространстве, кластерный запуск спутников, рост количества космического мусора на орбите – всё это значительно усложняет процесс мониторинга космического пространства [1].

Негативное воздействия существенно возросшего количества космических объектов приводит к тому, что при анализе информации о траекториях их движения операторы систем мониторинга вынуждены тратить значительное время на взаимодействие с графическими интерфейсами своих рабочих мест. Поскольку до 90% информации операторы получают от графических интерфейсов, актуальной становится задача формирования новых современных интерфейсов, способных обеспечить операторов информацией, обладающей высокими понятностью, однозначностью восприятия и удобством [2].

Одним из перспективных методов эргономичного отображения информации является когнитивная графика [3] – совокупность методов обработки и визуализации многомерной информации в виде компактных изображений (когнитивных образов), предназначенных для ускорения понимания текущей ситуации. На основе проведённого анализа существующих способов представления информации, выбран когнитивный образ типа «фрактал Новосёлова». Такое отображение информации позволяет проследить первичную иерархическое влияние на состояние (интегральное) между техническими и функциональными элементами системы мониторинга. На основе описанного когнитивного образа был разработан пример интерфейса, обеспечивающего оператора системы мониторинга оперативной информацией о текущей ситуации.

По данным проведённого вычислительного эксперимента по анализу глазодвигательной активности оператора рассчитаны эргономические метрические характеристики интерфейса [4]. Моделирование осуществлялось с помощью модели switching hidden Markov model (SHMM), которая способна переключаться между несколькими различными скрытыми Марковскими моделями, что обеспечивает моделирование и анализ сложных временных процессов, включающие различные «режимы поведения» человека-оператора.

В докладе приведены результаты демонстрационных вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность разработанного графического интерфейса, а также требования и практические рекомендации к современным графическим интерфейсам систем мониторинга.

Список используемых источников:

1. «Objects in orbit: the problem of space debris», Science in School. <https://www.scienceinschool.org/article/2023/objects-in-orbit-space-debris/>.
2. С.В. Мацеевич, У.А. Владко, А.Д. Зюзина, М.Н. Мочалов, А.С. Захаров. Применение показателя когнитивной нагрузки графического элемента для обоснования требований к системе визуализации РЛС дальнего обнаружения. (2024). Научная визуализация 16.3: 87 - 96, DOI: 10.26583/sv.16.3.09.
3. Когнитивная машинная графика в системах комического и медицинского назначения / Под общ. ред. М.Н. Бурдаева. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 256 с.
4. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П. Методы когнитивно-графического представления информации для эффективного мониторинга сложных технических систем // Программные системы: теория и приложения. 2018. № 4. С. 117-158. DOI: 10.25209/2079-3316-2018-9-4-117-158.

Разработка программы для снятия рабочей характеристики насосного агрегата ЖРД

Маркевич П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Насосный агрегат жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) является важным элементом системы подачи топлива и окислителя в камеру сгорания, обеспечивая необходимое давление и расход жидкостей для эффективной работы двигателя. Для анализа и оптимизации работы этого агрегата требуется инструмент, который может вычислять ключевые параметры в различных условиях. В данной работе разрабатывается программа, действующая как калькулятор для расчета рабочей характеристики насосного агрегата ЖРД.

Основной целью работы является создание программы для расчета рабочей характеристики насосного агрегата ЖРД. Программа будет принимать входные данные от пользователя и, на основе этих данных, выполнять необходимые вычисления, а затем предоставлять результаты для анализа, что позволит улучшить проектирование и эксплуатацию насосных систем.

В программе используется метод численного моделирования для расчета ключевых параметров работы насосного агрегата. Пользователь вводит данные, такие, как давление, температура, расход и другие, а программа автоматически рассчитывает характеристики агрегата на различных этапах работы.

Программа будет включать несколько модулей. Каждый модуль будет отвечать за определенный расчет: расчет характеристик насоса, зависимость расхода от давления и анализ эффективности работы. Интерфейс программы будет простым и интуитивно понятным, позволяя пользователю вводить необходимые параметры, а также получать результаты в виде таблиц и графиков для дальнейшего анализа.

Программа позволит пользователю производить расчеты рабочих характеристик насосного агрегата ЖРД. Результаты, полученные в ходе расчетов, будут использоваться для оптимизации работы насосов в реальных условиях эксплуатации. Также программа будет

предоставлять возможность анализа полученных данных для принятия решений по улучшению работы насосных агрегатов.

Разработка программы для снятия рабочих характеристик насосного агрегата ЖРД, которая работает как калькулятор с пользовательским вводом данных, позволит значительно упростить процесс анализа и проектирования насосных систем. Это повысит точность расчетов и улучшит эффективность работы ракетных двигателей, обеспечив более быстрый и удобный инструмент для инженеров и специалистов в данной области.

Разработка и исследование алгоритмов определения усвоения произносительных навыков у детей с нарушениями слуха

Миролюбов А.Д.

Научный руководитель — Зайцев М.Д.

МАИ, Москва

Согласно статистическим данным, примерно 2–3 ребёнка из 1000 рождаются с заметной потерей слуха, что существенно влияет на развитие их речевых навыков и, как следствие, на психическое и социальное развитие. Нарушения слуха приводят к дефициту информации о правильном звучании речи, что затрудняет нормальное развитие произносительных навыков. Целенаправленное формирование представлений о произношении, а также восполнение дефицита информации о фонетических элементах речи, способствует полноценному речевому развитию детей с нарушениями слуха. Это, в свою очередь, расширяет их возможности для последующей профессиональной реализации, в том числе в авиационно-космической отрасли.

В отечественной сурдопедагогике успешно применяется методика обучения детей с нарушениями слуха корректному произношению, разработанная Рау Ф.Ф. и Слезинной Н.Ф. Она направлена, в том числе, на формирование речевых навыков, таких как речевое дыхание, произнесение речевого высказывания с нормальной силой (громкостью) и нормальным тембром, а также на обеспечение слитности или раздельности произнесения. Эта методика демонстрирует комплексный подход, объединяющий аналитико-синтетический, концентрический и полисенсорный методы, в последнем из которых делается упор на задействование оставшихся сенсорных каналов для компенсации дефицита слуха [1]. В таком случае целесообразно применять в ходе обучения специальные технические средства, предоставляющие визуальную обратную связь о процессе произношения [2].

Однако, несмотря на большое количество разработанных прототипов, реальное применение таких систем в коррекционной работе пока ограничено ввиду следующих недостатков: ограниченные возможности акустического анализа устной речи, недостаточная визуализация результата оценки правильности выполнения речевого задания в понятной для ребёнка форме, а также высокая стоимость дополнительного оборудования при использовании программно-аппаратных комплексов.

В данной работе представлен результат разработки программного средства, представляющего собой специализированную вспомогательную техническую систему для тренировки речевых навыков детей с нарушениями слуха. В отличие от существующих решений, данное приложение не требует применения дополнительных устройств для анализа аудиосигнала. Интерактивная игровая форма и мгновенная обратная связь повышают мотивацию детей и упрощают процесс выполнения речевых заданий. Для определения правильности выполнения задания используются алгоритмы определения интенсивности звука и частоты основного тона. На основе ранее проведенного сравнения [3] и поставленных экспериментов в качестве алгоритма для определения частоты основного тона был выбран автокорреляционный алгоритм, а для оценки интенсивности — алгоритм, основанный на вычислении среднего квадратичного значения амплитуды (RMS).

Список используемых источников:

1. Рау Ф.Ф., Слезина Н.Ф. Методика обучения произношению в школе глухих: Пособие для учителей [Электронный ресурс] // Педагогическая библиотека. – 1981. – URL: <https://pedlib.ru/Books/3/0108/index.shtml> (дата обращения 04.01.2025).

2. Attwell G.A., Bennin K.E., Tekinerdogan B. A Systematic Review of Online Speech Therapy Systems for Intervention in Childhood Speech Communication Disorders [Электронный ресурс] // Sensors, 2022, 22, 9713. – URL: <https://doi.org/10.3390/s22249713> (дата обращения 07.01.2025).

3. Hasnat T. Comparing Different Pitch Detection Algorithms [Электронный ресурс] // Hochschule Neu-Ulm, Bachelor Thesis. – 2023. – URL: <https://publications.hnu.de/3642/1/Bachelorthesis.pdf> (дата обращения 09.01.2025).

Программный комплекс вычисления квантиля с заданной точностью

Наседкин Г.К.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Нефёдов В.Н.

МАИ, Москва

Программный комплекс, реализующий вычисление квантиля $q(\alpha)$ с заданной точностью ϵ , был разработан на языке программирования C++ с использованием библиотеки для вычисления многомерного интеграла с заданной точностью и библиотеки для решения задач линейного программирования (ЗЛП). Вычисление квантиля происходит на множестве, заданном линейными ограничениями.

На вход программе подаётся размерность задачи n , количество ограничений g , информация о линейных ограничениях, погрешность ϵ , верхняя и нижняя границы внешнего куба Π и значение α , для которого будет вычисляться значение квантиля. Результатом работы программы является значение квантиля, вычисленное с заданной точностью ϵ .

Программный комплекс состоит из нескольких модулей:

- модуль нахождения нижней границы решения задачи;
- модуль нахождения верхней границы решения задачи;
- модуль нахождения решения задачи.

Нижняя и верхняя граница искомого решения (значения квантиля) находится при решении соответствующих задач линейного программирования.

Нахождение решения с заданной точностью происходит с применением метода золотого сечения. Значение вероятностного критерия в узлах сетки, соответствующей методу золотого сечения, вычисляется с применением метода многомерного интегрирования третьего порядка точности, являющегося модификацией метода ветвления и отсечения.

Программный комплекс, реализующий метод многомерного интегрирования третьего порядка точности позволяет находить решение для любых монотонных функций на множестве, заданном линейными ограничениями. Программа может быть применена для нахождения вероятностных критериев в воздушном или космическом пространстве, например, для вычисления области, в которой с достаточной вероятностью может находиться летательный аппарат.

Список используемых источников:

1. Нефёдов В.Н. О приближенном вычислении многомерного интеграла с заданной точностью. М.: Деп. в ВИНТИ 11.11.91, № 4838-B91, 1991.

Разработка модуля эмуляции сигнала аналогово-цифрового преобразователя для отладки программного обеспечения стендовых испытаний газотурбинных двигателей

Парфенюк Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Звонарёва Г.А.

МАИ, Москва

После сборки, газотурбинные двигатели (ГТД) проходят испытания с использованием стендовых комплексов. Особое внимание при этом уделяется вибрационной диагностике ГТД. Данный вид диагностики является неотъемлемым этапом в процессе серийного

производства ГТД [1] для оценки качества сборки и соответствия нормируемых параметров требуемым значениям. Вибрационная диагностика проводится по результатам стендовых испытаний, во время которых происходит сбор данных с применением датчиков вибрации, частоты вращения ротора, и положения рычага управления двигателем. Данные о частоте вращения и положении рычага управления двигателем применяются для оценки текущего режима работы двигателя, а данные вибрации используются для вычисления контролируемого параметра вибрации – общей вибрации, которая представляет собой среднеквадратическое значение сигнала для каждого датчика вибрации. Вибрация в двигателе является результатом действия неуравновешенных сил, уровень которых пропорционален величине этих сил, что напрямую связано как с качеством изготовления двигателя и точностью его балансировки, так и с оставшимся ресурсом работы изделия.

В настоящее время стоит задача модернизации одного из используемых стендовых комплексов вибрационной диагностики с применением отечественного или открытого ПО в целях соответствия современным требованиям по импортозамещению. Также, имеющиеся программные средства были разработаны с использованием устаревших библиотек и подходов, что накладывает определённые ограничения на возможности их технической поддержки. На данный момент проводятся работы по разработке программного обеспечения комплекса, часть которого, представляющая собой программу по спектральному анализу собранных данных с применением кинематической модели газотурбинного двигателя, уже была внедрена в процесс серийного производства двигателей [2].

Одним из важнейших этапов в разработке ПО является тестирование алгоритмов сбора данных и расчёта характеристик. Для этого был разработан отладочный модуль для генерации тестовых сигналов, ставящий своей задачей максимально близко воссоздать реальный АЦП для обеспечения возможности наиболее точной оценки временных характеристик разрабатываемых алгоритмов сбора и анализа сигналов вибрации. Таким образом, доклад будет посвящён особенностям разработки дополнительного модуля эмуляции АЦП для обеспечения возможности отладки разрабатываемого комплекса.

В докладе приведены основные архитектурные решения при проектировании данного модуля, внутреннее устройство и алгоритмы, применяемые при реализации функционала по генерации сигнала. Одной из особенностей данного модуля является возможность плавного и независимого изменения сигнала, синтезируемого исходя из желаемых значений контролируемых параметров.

Список используемых источников:

1. Звонарёв С.Л., Поклад В. А., Потапов А. Ю. Стендовый комплекс диагностики авиационных двигателей // Современная электроника и технологии автоматизации. – 2002. – №1. – С. 42–47.
2. Звонарев С.Л., Звонарева Г.А. Парфенюк Д.А. Программный комплекс анализа вибрационных сигналов // 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 18-22 ноября 2024 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2024 – 3,3 Мб [Электронное издание] – С. 67-68

Создание речевого корпуса с образцами произношения детей с нарушениями слуха для обучения акустической модели системы определения качества произношения

Попова А.Г., Зайцев М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МАИ, Москва

Потеря слуха различной степени тяжести в раннем детстве является причиной серьезных нарушений в развитии произносительной стороны устной речи. В такой ситуации возникает необходимость предоставлять дополнительную обратную связь о процессе произношения в ходе коррекционной работы. Это задачу можно реализовать с помощью специального технического средства, функция которого заключается в анализе речевого сигнала и количественной оценке правильности произношения речевого задания. В основе такого

средства может лежать модель глубокого обучения, решающая задачу классификации фонем или конценра фонем. Открытого набора данных для обучения такой модели не существует, поэтому одной из главных задач разработки нового вспомогательного технического средства является сбор аудиозаписей с образцами произношения детей с нарушениями слуха и формирование из них специального речевого корпуса [1].

Для решения этой задачи было определено техническое задание, включающее требования к виду речевых упражнений, которые должны произносить дети в ходе записи, минимальное количество часов записи, формат файлов аудио и текстовой разметки, файлов метаданных, в которых хранится информация о корпусе, частоту дискретизации и количество каналов записываемых аудиофайлов.

Сбор образцов произношения детей с нарушениями слуха представляет собой крайне сложную задачу, поскольку юридический аспект реализации сбора аудиозаписей, включающий получение согласия на обработку персональных данных каждого участника исследования, требует значительных ресурсов и усилий, однако существует возможность использовать данные, записываемые во время специальной олимпиады по произношению, проводимой среди обучающихся с различными нарушениями слуха. Полученные аудиозаписи далее дополняются слышащими участниками: школьники без нарушений слуха произносят те же речевые упражнения с последующей оценкой правильности их выполнения (данный этап проводится на базе Технопарка МАИ). Каждая полученная аудиозапись дополняется файлом текстовой разметки, где указывается произнесенное речевое задание и как оно было оценено экспертом.

Предполагается применение созданного речевого корпуса как в задаче обучения модели определения качества произношения, так и для осуществления статистического анализа распространённости тех или иных особенностей речи учащихся с нарушениями слуха.

Список используемых источников:

1. Д. А. Кочаров, П.А. Скрелин. Анализ разговорной русской речи (AP³-2017): Труды седьмого междисциплинарного семинара. — СПб. : Политехника-принт, 2017. — 96 с.

Криптографическая система для интеграции электронных подписей в локальный блокчейн

Рудаков Н.В.

Научный руководитель — Ведьманов И.С.

МАИ, Москва

В настоящее время криптографические системы, интегрирующие какие-либо данные в блокчейн, например, информацию о платежах, персональные данные пользователей, становятся важным инструментом в области защиты данных, обеспечивая надежные методы аутентификации и верификации информации. Развитие вычислительных технологий способствует не только усложнению задач в области безопасности, но и позволяет применять более совершенные алгоритмы, результаты которых значительно превосходят возможности традиционных систем.

Блокчейн не только способствует децентрализации обработки информации, но и обеспечивает высокую степень целостности данных. Это особенно актуально в контексте электронных подписей, поскольку для их проверки требуется наличие сертификата. Электронные подписи классифицируются на два типа: квалифицированные и неквалифицированные. Квалифицированная электронная подпись подтверждается сертификатом, выданным одним из аккредитованных удостоверяющих центров. Для получения квалифицированной электронной подписи необходимо пройти ряд процедур, которые могут занять значительное время. Система, использующая блокчейн для хранения электронных подписей, может эффективно решить данную проблему, поскольку блокчейн гарантирует неизменность информации, содержащейся в блоках. Это позволяет с высокой степенью уверенности удостовериться в достоверности данных, осуществляя сравнение между квалифицированными и неквалифицированными подписями.

Разработка данной системы основывается на отечественных криптографических алгоритмах, предназначенных для формирования электронной подписи и создания сертификатов. Основной проблемой остается человеческий фактор, поскольку для генерации электронной цифровой подписи (ЭЦП) и сертификата требуется наличие двух ключей: открытого и закрытого. В современных блокчейн-системах закрытый ключ либо предоставляется пользователю, либо применяются сложные алгоритмы разделения ключа с его хранением в различных облачных системах.

В контексте электронной подписи отсутствует необходимость в постоянном хранении закрытого ключа. Поскольку основная задача заключается в подписании документа, существует возможность каждый раз заново генерировать электронную подпись с использованием новых пар открытого и закрытого ключей. При этом наличие блокчейна в данной системе предотвращает возможность изменения электронной подписи пользователя.

Разрабатываемое программное обеспечение представляет собой графический интерфейс для подписания электронных документов в форматах .doc и .docx. Генерация электронной подписи осуществляется на компьютере пользователя, однако в будущем планируется перенести данный функционал в безопасное облачное решение с целью усложнения компрометации сервиса. В данной работе также исследуются различные подходы к обеспечению безопасности и хранению данных пользователя, с особым акцентом на парадигму защиты информации, которая учитывает возможность присутствия злоумышленника в системе и методы противодействия в условиях скомпрометированной среды.

Перспективы применения результатов данной работы в авиации и космонавтике весьма значительны. В этих отраслях, где точность и достоверность данных критически важны, использование блокчейн-технологий для хранения и верификации электронных подписей может существенно повысить уровень безопасности и надежности управления документацией, техническими спецификациями и данными о полетах. Например, интеграция такой системы позволит обеспечить неизменность и подлинность отчетов о техническом состоянии летательных аппаратов, данных о маршрутах полетов или результатов научных экспериментов в космосе, что особенно важно в условиях повышенных рисков и требований к безопасности. Кроме того, децентрализованный подход к хранению данных может упростить взаимодействие между различными организациями и ведомствами, участвующими в аэрокосмических проектах, обеспечивая прозрачность и доверие к передаваемой информации.

Список используемых источников:

1. Nakamoto, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System // 2008. : [Электронный ресурс] URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
2. Zhang, Y., & Wen, J. (2017). The IoT Electric Power System: A Blockchain-Based Approach. // IEEE Transactions on Smart Grid, 9(5), 1-10. DOI: 10.1109/TSG.2017.2651234.
3. ГОСТ 34.10-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи».

О необходимости внедрения технологий автоматизированного создания базы знаний в авиастроительной отрасли

Рыкалин А.В., Филиппов Г.В., Данилов И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хорошилов А.А.
МАИ, Москва

Область применения искусственного интеллекта (ИИ) с каждым днём становится всё шире и шире. Основными областями, над которыми сосредоточены направления в области изучения ИИ, являются представление знаний в наиболее удобных пользователю формах, а также разработка различных систем, базирующихся на знаниях. Данное направление связано с созданием моделей представления знаний, а также разработкой баз знаний, образующих ядро экспертных систем. В работе обосновывается необходимость внедрения технологий автоматизированного создания баз знаний применительно для предприятий

авиастроительной отрасли, сосредоточенных на использовании высокотехнологичного производства, а также обеспечении безопасности жизни людей, что строго регламентируется на документальном уровне.

На основе обмена документальной информацией осуществляется абсолютно вся деятельность любого предприятия (в том числе, предприятия авиастроительной отрасли). При этом для непосредственного использования данной информации знания, полученные из документальной информации, необходимо извлекать, систематизировать и превращать в аналитико-синтетическую информацию, отличную от документальной разрозненной формы и представляющую собой экстракт обобщенной информации уже совершенно в других разрезах.

Система научно-технической документальной информации разделяется на две части: на документальный учет и на учёт знаний, что связано с использованием базы знаний (БЗ). Каждая из этих частей подразумевает систематизацию знаний своим определённым образом, при этом БЗ основана на в целом предметной систематизации данной области. База знаний представляет собой совокупность знаний, объектов, технологий и явлений определённой предметной области со всеми её свойствами и признаками, которая записана на машинном носителе на языке, близком к естественному. БЗ, опираясь на подсистему объяснений, позволяет отбирать, генерировать и выдавать пользователю наиболее подходящую информацию, соответствующую его запросу [1].

К основным составляющим базы знаний относятся: терминологический аппарат, система объектов аналитико-синтетического учета, фактография, а также система ориентирования в документах.

Обязательной частью является система визуализации данных блоков и их связей, выполняющая, в частности, функции структурирования, ранжирования, кластеризации информации, находящейся в БЗ.

Таким образом, при разработке технологий создания базы знаний необходимо обеспечить формирование всех перечисленных систем, которые в своей взаимосвязи позволят улучшить качество и скорость обработки текстовых документов, а также повысить эффективность документооборота внутри предприятия.

Необходимость разработки базы знаний предприятия также обусловлена уходом специалистов инженерной отрасли на пенсию и связанной с этим необходимостью передачи знаний инженерам нового поколения, что предотвратит утечку знаний. [2].

Утечка знаний также может происходить ввиду осуществления кибератак, что вызывает необходимость учёта и предотвращения возможных рисков кибербезопасности. Кроме того, современные авиационные технологии становятся всё более сложными, что требует систематизации знаний и информации для эффективного проектирования, производства и обслуживания летательных аппаратов. Стоит также отметить, что при проектировании современных отечественных самолётов MC-21 и SSJ-100 эксплуатационная документация (ЭД) разрабатывается и применяется эксплуатантами вручную, что снижает эффективность выполнения ремонтных работ, а также работ по обслуживанию авиационной техники за счёт отсутствия автоматического обновления ЭД, более длительного поиска необходимой информации в бумажной документации и ряда других факторов [3]. В связи с этим, перевод ЭД на электронный носитель является весьма актуальным вопросом.

Таким образом, рассмотренные в настоящей работе преимущества использования БЗ в авиастроительной отрасли подтверждают необходимость внедрения технологий, методов и средств автоматизированного создания основных систем, составляющих БЗ предприятия.

Список используемых источников:

1. Г12 Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский — СПб: Питер, 2000. — 384 с.: ил.
2. Батыршин, И.З. Нечёткие гибридные системы. Теория и практика / И.З. Батыршин, А.О. Недосекин, А.А. Стецко, В.Б. Тарасов, А.В. Язенин, Н.Г. Ярушклина // Под ред. Н.Г. Ярушкиной. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. 208 с.
3. Зрячев С. А., Ларин С. Н. Разработка базы знаний послепродажного обслуживания авиационной техники // Известия Самарского научного центра РАН. 2020. №5. URL:

Применение метаповерхности на кремниевой решетке в бортовых вычислительных системах авиации

Сафонов В.Г.

Научный руководитель — Текутьева В.О.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Современные Вооруженные Силы активно используют вычислительные системы в радиотехнических войсках, радиоэлектронной борьбе, противовоздушной обороне, ракетных войсках стратегического назначения, авиации и других направлениях. Особое значение бортовые цифровые вычислительные машины (БЦВМ) имеют в авиации, где они автоматизируют управление навигацией, системами вооружения и другими критически важными функциями. БЦВМ освобождают экипаж от рутинных вычислений, повышая безопасность и эффективность полетов. Однако рост сложности задач, таких как обработка данных в реальном времени и управление многофункциональными системами, требует увеличения вычислительной мощности при сохранении компактности и надежности. Традиционные цифровые архитектуры приближаются к физическим пределам своих возможностей, что стимулирует поиск альтернатив. Одним из перспективных решений является интеграция в БЦВМ оптических аналоговых вычислителей на основе метаповерхностей, способных выполнять математические операции со скоростью света.

БЦВМ представляют собой специализированные компьютеры, спроектированные для работы в экстремальных условиях, включая вибрации, перегрузки и температурные перепады. Их архитектура включает несколько ключевых компонентов. Основные требования к БЦВМ включают режим реального времени, отказоустойчивость, энергоэффективность и компактность. Эволюция БЦВМ движется от централизованных к распределенным и модульным системам, однако даже специализированные блоки, например для обработки данных с датчиков, имеют ограничения: их невозможно перепрограммировать под новые задачи, а рост производительности требует увеличения размеров. Это создает спрос на гибридные решения, где часть вычислений делегируется аналоговым компонентам, таким как метаповерхности.

Метаповерхности — это ультратонкие искусственные структуры толщиной меньше длины волны света, способные управлять электромагнитными волнами. Их изготавливают из наноразмерных элементов, таких как кремниевые нанодиски или золотые частицы, которые меняют фазу, амплитуду и поляризацию света. Каждая структура кодирует математическую операцию, например интегрирование или дифференцирование, а результат вычислений считывается через характеристики рассеянного света. Принцип действия метаповерхностей основан на взаимодействии света с нанозементами: при падении луча на золотое покрытие метаповерхности электромагнитная волна преломляется и отражается, изменяя фазу. Часть фотонов проходит сквозь подложку (например, сапфировое стекло), а часть возвращается, создавая интерференционные эффекты, эквивалентные решению уравнений. Результат, такой как результат интегрирования, определяется параметрами выходного излучения. Преимущества метаповерхностей включают скорость света (вычисления происходят за время прохождения фотона через структуру), энергоэффективность (не требуют питания), компактность (размеры сопоставимы с микросхемами) и параллелизм (одновременная обработка множества сигналов). Например, матрица метаповерхностей на подложке может решать системы дифференциальных уравнений, используемых в навигации, без загрузки ЦПУ БЦВМ.

Интеграция метаповерхностей в БЦВМ позволяет преодолеть ограничения традиционных цифровых систем. Замена узкоспециализированных блоков на аналоговые вычислители увеличивает производительность: оптические вычисления разгружают ЦПУ, ускоряя обработку данных. Например, в системе управления вооружением метаповерхность может мгновенно рассчитывать траекторию полета ракеты, учитывая данные с радаров и

гироскопов, тогда как классическая БЦВМ тратит на это миллисекунды, критичные в боевых условиях. Кроме того, метаповерхности снижают массу и энергопотребление, так как не требуют активного охлаждения и сложной электроники, а их устойчивость к внешним воздействиям повышает надежность системы. Однако у технологии есть ограничения: каждая метаповерхность решает только одну задачу, а ее проектирование требует точного расчета геометрии нанозадач под конкретную функцию.

В заключение, БЦВМ остаются ключевым элементом авиационных систем, но их цифровые архитектуры сталкиваются с ограничениями по быстродействию и энергоэффективности. Интеграция метаповерхностей предлагает прорывное решение: оптические аналоговые вычисления ускоряют обработку данных в 100–1000 раз, а снижение массы и размеров улучшает летно-технические характеристики самолетов. Технология совместима с современными БЦВМ, дополняя их, а не заменяя. Перспективы включают создание гибридных систем (цифровые + аналоговые вычислители), разработку перестраиваемых метаповерхностей с помощью MEMS-технологий и применение в беспилотниках или гиперзвуковых аппаратах, где скорость решений критична. Таким образом, метаповерхности открывают путь к новому поколению БЦВМ, способных решать задачи, которые сегодня считаются недостижимыми для классической электроники, обеспечивая прорыв в авиационной и военной технике.

Список используемых источников:

1. Novoselov K S et al. Science 306 666 (2004).
2. Basov D N, Fogler M M, Garcola de Abajo F J Science 354 195 (2016).
3. Yu N et al. Science 334 333 (2011).
4. Zhan A et al. ACS Photon. 3 209 (2016).
5. Pors A, Bozhevolnyi S I Opt. Mater. Express 5 2448 (2015).
6. Shalaev M I et al. Nano Lett. 15 6261 (2015).
7. Pors A, Nielsen M G, Bozhevolnyi S I Nano Lett. 15 791 (2015).
8. Ремнев М А, Климов В В 42.25.Fx (2018).

Использование Apache Kafka и паттерна Saga для координации распределённых транзакций в микросервисной архитектуре

Скурихин Г.О.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Виноградов В.И.

МАИ, Москва

В условиях роста популярности микросервисных архитектур проблема координации распределённых транзакций становится всё более актуальной. Традиционные подходы, такие как двухфазный commit (2PC), не подходят для современных систем из-за их низкой производительности и сложности масштабирования. Вместо этого требуются решения, которые позволяют эффективно управлять транзакциями в условиях высокой нагрузки и распределённости вычислительных ресурсов. Паттерн Saga вместе с Apache Kafka предлагают современный подход к решению этой проблемы, обеспечивая асинхронную обработку событий и поддержание согласованности данных.

Паттерн Saga представляет собой подход, который позволяет разбивать сложные и длительные транзакции на отдельные, легко управляемые шаги. Каждый микросервис в цепочке выполняет свою локальную транзакцию, которая должна быть атомарной, то есть либо завершена успешно, либо полностью отменена, возвращая систему в предыдущее согласованное состояние в случае ошибки. Основная идея паттерна Saga заключается в обеспечении атомарности каждого шага транзакции в микросервисной архитектуре. Атомарность подразумевает, что каждая локальная транзакция либо выполняется полностью, либо полностью откатывается, исключая возможность промежуточных состояний. Это является ключевым аспектом для поддержания надёжности и целостности данных в распределённой системе.

Алгоритм выполнения распределённой транзакции с использованием Kafka включает следующие шаги:

1. Иницилирующее событие создается и отправляется в Kafka, что запускает первый шаг транзакции. Это событие содержит всю необходимую информацию для начала процесса, включая уникальный идентификатор транзакции и данные, необходимые для выполнения первого действия.

2. Каждый микросервис, участвующий в транзакции, получает событие из Kafka, выполняет свою часть работы и после успешного завершения публикует новое событие в Kafka, чтобы запустить следующий шаг. Kafka гарантирует, что события доставляются в правильном порядке и обрабатываются даже в случае временных сбоев.

3. После успешного выполнения всех шагов транзакция завершается, и система достигает финального состояния, в котором все изменения, внесенные микросервисами, полностью синхронизированы и соответствуют ожидаемому результату.

4. Если на каком-либо шаге возникает ошибка, микросервис, ответственный за этот шаг, публикует событие об ошибке в Kafka, содержащее информацию о причине сбоя и идентификатор транзакции.

5. Событие об ошибке инициирует компенсационные действия: каждый микросервис, который уже выполнил свои шаги, получает уведомление и должен откатить изменения, чтобы восстановить согласованность системы.

6. После завершения всех компенсационных действий система также возвращается в согласованное состояние, и процесс завершается.

В работе рассматривается пример системы бронирования билетов, где Kafka и Saga используются для координации процесса бронирования. Когда пользователь выбирает билет, микросервис бронирования публикует событие в Kafka, уведомляя другие микросервисы о необходимости выполнения своих задач. Например, микросервис оплаты обрабатывает платеж, а микросервис уведомлений отправляет подтверждение пользователю. Если на каком-то этапе происходит ошибка (например, платеж отклонён), система отменяет предыдущие шаги, например, путем отмены бронирования билета.

Отметим, что комбинация Saga вместе с Kafka представляет собой эффективное решение проблемы координации распределенных транзакций. Однако успешное применение этого подхода требует тщательного проектирования, включая учёт возможных задержек при асинхронной обработке событий и обеспечение идемпотентности операций для предотвращения дублирования действий и данных.

Список используемых источников:

1. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с. – ISBN 978-5-4461-0512-0.

2. Apache Kafka. Потокковая обработка и анализ данных / Н. Нархид, Г. Шапира, Т. Палино. – СПб.: Питер, 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-4461-0575-5.

3. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга / К. Ричардсон. – СПб.: Питер, 2020. – 544 с. – ISBN 978-5-4461-0996-8.

4. Распределенные системы. Паттерны проектирования / Б. Бернс. – СПб.: Питер, 2019. – 224 с. – ISBN 978-5-4461-0950-0.

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

Моделирование вычислений представлений в разных системах счисления является актуальным вопросом, так как каждая система счисления отличаются от прочих своими характеристиками, из-за чего их своеобразно использовать в разных ситуациях.

В течении своей истории, люди начали счёт с небольших натуральных чисел, представляемых подручными предметами. Значительно позднее появились системы подобные римской и египетской, где каждый знак, независимо от положения в числе,

означает одно и то же значение, а позже появились и позиционные системы счисления, которые упростили арифметические операции и запись представлений чисел. В наши дни существуют также и модулярные системы счисления, основывающиеся на модульной арифметике и китайской теореме об остатках, которые позволяют параллельно производить вычисления без переноса.

Выбор из позиционных систем счисления различных по основанию также представляет интерес. Так, например, двоичная система наиболее проста в физическом представлении, а системы счисления с нечётным основанием обеспечивают однозначное округление после вычислений, что снижает накапливаемую ошибку. Тройчная уравновешенная система счисления упрощает представление чисел в памяти компьютера, так как отсутствует необходимость выделять отдельное пространство для знака числа.

В работе была выполнена программная реализация инструментария для вычисления представлений числовых величин в различных системах счисления для того, чтобы удобно отобразить их и проверить их преимущества и недостатки относительно друг друга.

Список используемых источников:

1. Инютин, С. А. «Общий подход к описанию компьютерных систем счисления.» // Информационные технологии n4 Том. 28 (2022) – с. 178–184.
2. Федотов В.П. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ - 1 // Sciences of Europe. 2022. №100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predstavlenie-chislovoy-informatsii-1> (дата обращения: 16.11.2023).
3. Кравченко Ю.А. Информационная уравновешенная тройчная система счисления. // Актуальные проблемы современной науки. Ч. 1. – Самара, 2002. – с. 98.

Киберугрозы в интеллектуальных транспортных системах: проблемы безопасности V2X

Усс Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Губенко И.М.
РУТ (МИИТ), Москва

V2X (Vehicle-to-Everything) — это технология беспроводного обмена данными между транспортными средствами, инфраструктурой и пешеходами, направленная на повышение безопасности дорожного движения и эффективности транспортных потоков. При внедрении технологии неизбежно возникают определенные угрозы информационной безопасности. Они могут привести к компрометации данных, появлению аварийных ситуаций и серьезным последствиям для жизни участников движения.

В работе рассмотрены основные угрозы информационной безопасности в V2X, такие как: нарушение конфиденциальности; фальсификация сообщений (Spoofing, Replay-атаки); атаки «человек посередине» (MITM); атаки на доступность (DoS, DDoS); нарушение доверенной авторизации. А также предложены передовые методы защиты: криптографическая защита; методы доверенного обмена данными; обнаружение аномалий; помехоустойчивость каналов связи.

Приведены практические сложности, возникающие при внедрении защищённого V2X: использование сложных криптографических алгоритмов может привести к возникновению значительных задержек при передаче данных; сообщения V2X должны передаваться за миллисекунды, что нужно для предотвращения аварий; несовместимость различных стандартов (DSRC, C-V2X) требует унификации механизмов защиты; централизованные удостоверяющие центры (CA) могут стать мишенью атак (DDoS, подделка сертификатов); отсутствие глобальных стандартов затрудняет создание единой системы безопасности.

В завершении выделены перспективные направления исследований в этой области: разработка облегчённых криптографических алгоритмов для систем реального времени; интеграция блокчейна для повышения уровня доверия между участниками V2X; применение нейросетей для предсказания атак и выявления аномального поведения в сети; разработка унифицированных протоколов безопасности, работающих независимо от используемой технологии связи.

В условиях роста автономных (беспилотных) летательных аппаратов результаты работы могут быть использованы для создания защищенных каналов связи с их наземными системами. Это позволит предотвратить атаки, приводящие к перехвату и/или подмену команд, и обеспечит безопасное управление воздушным судном.

Список используемых источников:

1. IEEE Std 802.11p-2010. New York: IEEE, 2010. 51 с. URL: <https://clck.ru/3GeHFR> (дата обращения: 25.02.2025).

2. 3GPP TS 36.300 V14.3.0 (2017-06). Sophia Antipolis: 3GPP, 2017. 230 с. URL: <https://clck.ru/3GeHCd> (дата обращения: 25.02.2025).

3. Как проверить функциональные возможности C-V2X и обеспечить тесты на соответствие требованиям 2021 года // Keysight Technologies. 2021. URL: <https://clck.ru/3GeHEE> (дата обращения: 25.02.2025).

4. Challenges and Requirements for Implementing V2X Technology / под ред. M. S. Almalag, M. M. Alsharif, S. A. Alqahtani // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2020. Т. 11, №3. С. 20–26.

Анализ стандартов онтологической разметки

Филиппов Г.В., Рыкалин А.В., Данилов И.А.

Научный руководитель — д.т.н. Хорошилов А.А.

МАИ, Москва

Анализ стандартов онтологической разметки

В настоящее время существует проблема разрыва поколений, из-за которого большое количество стареющих специалистов не успевают передать свои знания и умения, не оцифрованные документы пропадают на полках библиотек, а имеющиеся не могут быть эффективно проанализированы новым поколением. Одним из способов решения данной проблемы является создание профильных баз знаний, которые позволят сохранить имеющиеся данные и быстрее включать в процесс будущих сотрудников. Важной частью в их работе являются онтологии, т.к. из-за большого количества информации в комплексных областях промышленности остро стоит проблема нахождения смысловых связей между понятиями. Для этого применяются стандарты онтологической разметки графов знаний.

Онтологическая разметка

ОР необходима для представления новых понятий в форме, пригодной для машинной обработки. С помощью онтологии можно связать новые понятия с описаниями уже известных классов, отношений, свойств и объектов реального мира.

Она также пригодна для обмена данными, например, в библиотеке предметной области, обеспечивая согласованность между понятиями, и может использоваться для обмена знаниями.

Resource Description Framework

RDF предоставляет базовую структуру для представления информации о ресурсах в сети. Она помогает в построении ориентированного графа знаний, представляя знания в виде триплетов. Является основной рабочей моделью среди специалистов по онтологиям.

RDF Schema

RDFS — расширение модели RDF, дополняющая большим количеством выразительных элементов, имеющих определённую в стандарте формальную семантику. Оно позволяет записывать простейшие факты об объектах, классах и свойствах.

Web Ontology Language

OWL строится на основе двух предыдущих стандартов, предлагая расширенный набор конструкций для определения сложных взаимоотношений и ограничений внутри онтологий. Оно описывает классы, предикаты и экземпляры классов как основные способы описания ресурсов.

В настоящее время наиболее применяемыми считаются стандарты - RDF и OWL.

Машинное обучение

Также стоит отметить, что все больше в работах иностранных специалистов, в особенности – китайских, отмечается эффективность применения методов машинного

обучения для автоматического создания графов знаний при помощи онтологической разметки.

Список используемых источников:

1. Xingsi Xue, Xiaojing Wu, Chao Jiang, Guojun Mao, Hai Zhu. Integrating Sensor Ontologies with Global and Local Alignment Extractions. Hindawi. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/6625184> (Accessed 03.02.2025).

2. Qing Lv, Chengcai Jiang, He Li. Solving Ontology Meta-Matching Problem Through an Evolutionary Algorithm With Approximate Evaluation Indicators and Adaptive Selection Pressure. IEEE Access/ V. 9, 2021. p. 3046-3064. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3047875.

3. Hertling S., Portisch J., Paulheim H. Supervised Ontology and Instance Matching with MELT. HAL open science. Proceedings of the 15th ISWC workshop on Ontology Matching (OM 2020), 2020. Available at: <https://hal.science/hal-03112717v1> (Accessed 04.02.2025).

Расширение возможностей комплекса ACTest Platform для построение многоканальных систем виброиспытаний

Ханова И.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Виброиспытания являются важной частью процесса сертификации и оценки прочности конструкций, позволяя анализировать поведение изделий под воздействием механических колебаний. Они применяются в авиационно-космической, автомобильной и других отраслях промышленности для определения динамических характеристик, выявления критических резонансных частот и оценки стойкости конструкций к вибрационным нагрузкам.

Программный комплекс ACTest Platform предназначен для автоматизации испытаний, включая виброиспытания, и ранее поддерживал обычно системы с количеством виброканалов от 4 до 32, позволяя настраивать каждый канал индивидуально. Система позволяла отображать спектры и осциллограммы, рассчитывать амплитудные параметры, размах и другие характеристики. Система активно используется в научно-исследовательских институтах и промышленных предприятиях, где требуется точный контроль вибрационного воздействия на конструкции.

В рамках работы была проведена модернизация программного комплекса ACTest Platform с расширением количества виброканалов до 200. Особенностью таких испытаний является необходимость настройки множества каналов одинаковым способом. Одним из ключевых улучшений стало создание нового элемента визуализации, позволяющего настраивать однотипную обработку и визуализацию данных для группы виброканалов, регистрировать идентифицирующую информацию, проводить протоколирование данных по заданным правилам для случаев синусоидальной и случайной вибрации. Этот элемент визуализации позволяет одновременно отображать на одном экране до 16 спектроанализаторов и осциллографов и до 200 каналов цифровых значений интегральных оценок вибрации. Это значительно облегчает анализ данных и позволяет пользователям оперативно контролировать параметры вибрационного воздействия. Добавлена функция удобной настройки групп параметров, обеспечивающая гибкость при работе с большим объемом данных. Внедрены алгоритмы цифровой математической обработки сигналов, включая пиковое значение, среднеквадратичное значение, метод гармонических фильтров, коэффициент усиления, коэффициент нелинейных искажений, коэффициент передачи. Эти алгоритмы позволяют не только повысить точность определения характеристик вибрационных нагрузок, но и улучшить фильтрацию сигналов, выявлять скрытые закономерности и ускорять процесс анализа. В реальном масштабе времени выполняется спектральный анализ, расчет амплитудных и частотных характеристик, что ускоряет процесс анализа и принятия решений.

Важным нововведением стала возможность записи идентифицирующей информации в базу данных PostgreSQL. Это позволяет вести детализированный учет испытаний, сохранять результаты в удобном формате и обеспечивать повторяемость измерений.

Разработанные доработки позволили создать альтернативу бельгийскому программному комплексу LMS. Для этого был проведен детальный анализ LMS, на основе которого в ACTest Platform внедрены ключевые функции, ранее отсутствовавшие в отечественных решениях.

Предложенные усовершенствования делают ACTest Platform эффективным инструментом для проведения многоканальных виброиспытаний, расширяют возможности анализа данных и повышают удобство работы специалистов, а также делают его полноценной альтернативой зарубежным системам и повышая эффективность проведения виброиспытаний.

Список используемых источников:

1. «ACTest Конфигуратор» Руководство оператора.
2. «ACTest Визуализатор» Руководство оператора.
3. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специализированный справочник – СПб: Питер, 2001. – 752 с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигнала / А.Б. Сергиенко – СПб: Питер, 2002. – 608 с.

Исследование методов улучшения качества поиска в системах управления знаниями с помощью искусственного интеллекта

Чумаченко А.А.

Научный руководитель — Ведыманов И.С.

МАИ, Москва

Стремительное развитие технологий и постоянный рост объёмов обрабатываемой информации делают крайне востребованными системы управления знаниями (Knowledge Management Systems – KMS). Однако ключевой проблемой остаётся сложность и низкая точность поиска релевантных данных, что существенно затрудняет эффективное использование накопленных корпоративных знаний [1]. Для её решения в последнее время активно применяются методы искусственного интеллекта (ИИ), зачастую реализованные на языке Python [2]. Данная работа предлагает иную парадигму, основанную на Java и Spring AI, что позволяет расширить функциональные возможности и повысить масштабируемость решения.

Целью исследования является разработка и экспериментальная проверка методов, повышающих качество поиска в KMS за счёт сочетания Retrieval Augmented Generation (RAG) [3], локально развернутых больших языковых моделей (BERT-подобные решения, LLaMA и другие), а также хранения векторных представлений документов и запросов с помощью pgvector. В отличие от традиционных Python-инструментов, предлагаемая методика базируется на Java и Spring AI, обеспечивая более гибкие возможности интеграции в корпоративные решения. Ключевой особенностью является применение Ollama для локального развёртывания языковых моделей, что позволяет работать без зависимости от внешних сервисов, обеспечивая высокую степень конфиденциальности данных.

Техническая реализация включает несколько основных компонентов. Во-первых, используется база данных PostgreSQL с расширением pgvector, где хранятся векторные эмбединги текстов и пользовательских запросов. Во-вторых, модуль на Java обеспечивает логику поиска, извлекая максимально релевантные фрагменты данных и формируя контекст для RAG. В-третьих, локально развернутая большая языковая модель обрабатывает контекст и даёт ответ на основе интегрированной векторной информации. Подобная архитектура предоставляет возможность одновременно увеличить точность поиска и снизить время отклика за счёт отсутствия обращений к сторонним API.

Уникальность разработки заключается в комплексном сочетании Java-экосистемы (Spring AI), механизма RAG и локальных языковых моделей, позволяющем гибко масштабировать систему и адаптировать её под различные корпоративные и научные сценарии. Предполагается, что это решение может значительно повысить эффективность

работы KMS, упростив поиск экспертных знаний и документов даже в условиях больших объемов неоднородных данных.

Внедрение описанного подхода в образовательные и корпоративные среды позволит ускорить поиск релевантной информации, сократить затраты времени на изучение и анализ документов, а также обеспечить высокий уровень безопасности. Результаты могут быть использованы в качестве базы для дальнейших исследований и модификаций, связанных с развитием систем управления знаниями на базе искусственного интеллекта.

Список используемых источников:

1. Hugging Face. RAG: документация [Электронный ресурс]. – 2023. URL: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/rag (дата обращения: 15.02.2025).
2. Meta AI. LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://ai.facebook.com/blog/large-language-model-llama-meta-ai/> (дата обращения: 15.02.2025).
3. Zhang, H. pgvector: Documentation [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://github.com/pgvector/pgvector> (дата обращения: 15.02.2025).

Секция №3.3 Электроника, конструирование и технология приборостроения

Применение СТМР-датчиков в космических исследованиях

Аксенова С.А., Кирьянов С.В., Антонова П.П.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В системах навигации космических аппаратов (КА) для определения положения и ориентации используются гироскопы и акселерометры, входящие в инерциальную навигационную систему (ИНС). Несмотря на автономность, ИНС подвержена накоплению ошибок, что ограничивает её применение в длительных миссиях. На низких околоземных орбитах для коррекции данных ИНС применяются магнитометры, однако на больших высотах магнитное поле Земли (МПЗ) ослабевает, снижая их эффективность [1]. Решением этой проблемы может стать использование спин-туннельных магниторезистивных (СТМР) датчиков, способных компенсировать инерциальные ошибки и обеспечивать высокую чувствительность даже при слабых магнитных полях.

Магнитные датчики также находят применение в исследованиях магнитных полей планет и их спутников, позволяя изучать магнитосферу и внутреннее строение космических тел. На Марсе, где отсутствует глобальное магнитное поле из-за неактивности динамо-системы, выявлена остаточная намагниченность пород и неоднородность локальных магнитных полей. Это указывает на существование в прошлом более мощного магнитного поля и помогает понять защитные механизмы планеты, что важно для планирования будущих космических миссий.

СТМР-датчик представляет собой структуру, состоящую из чередующихся слоев магнитомягких и магнито жестких материалов, таких, как никель и кобальт, разделённых диэлектрической прослойкой из оксида алюминия, что предотвращает их смешивание и обеспечивает создание спинового клапана. Эта конструкция обладает чувствительностью порядка $10^{-3} \dots 10^{-1}$ нТл, которую можно настраивать в зависимости от конкретных задач [2]. В настоящей работе проведен анализ различных магнитных датчиков, применяемых или потенциально пригодных для использования в системах КА, и предложены варианты его внедрения в системы КА. СТМР-датчики выделяются среди них благодаря высокой чувствительности и компактным размерам, что делает их идеальным решением для исследований магнитосферы планет и навигации.

Анализ различных магнитных датчиков показал, что СТМР-датчик имеет значительный потенциал для применения в навигационных системах космических аппаратов и для исследования слабых магнитных полей планет. Среди его ключевых преимуществ следует отметить: компактные размеры, малую массу и высокую чувствительность, что делает его идеальным выбором для использования в условиях космических миссий, где критична эффективность и точность. Кроме того, СТМР-датчики могут быть адаптированы для работы в сложных магнитных условиях, таких, как исследование остаточной намагниченности Марса, что открывает новые возможности для научных исследований и межпланетных миссий.

Список используемых источников:

1. Голев, И. М. Технические аспекты измерения магнитного поля Земли для решения задач воздушной навигации / И. М. Голев, Е. А. Никитина // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2017. – № 1(1). – С. 273-279. – EDN QCELRK.
2. Kiryanov, S.V., Yurkin, N.O., Kouptsov, A.D., Sidorova, S.V. Application of island thin films for microelectronics devices // 5th REEPE.

Разработка датчика обледенения, основанного на термоэлектрическом модуле Пельтье

Булак Л.А., Сысоев И.Д., Пинчукова И.А.

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

МАИ, Москва

Появление на взлетно-посадочных полосах аэропортов условий, приближенных к условиям для образования ледяного покрова, снижает вероятность успешного взлета или посадки самолета. Ледообразование на поверхности летательных аппаратов, в частности, лед, нарастающий на различных управляющих поверхностях самолетов способен создавать трудности для пилотирования, оказывая неблагоприятное воздействие на управляемость летательного аппарата.

В связи с этим существует потребность в создании новых устройств, сигнализирующих об образовании ледяного покрова или условий для его образования, с целью его своевременного устранения.

Принцип действия датчика обледенения на основе термоэлектрического модуля Пельтье заключается в следующем: устройство определяет толщину водяной пленки, по которой устанавливается возможная точка замерзания. Участок водной пленки нагревают или охлаждают в зависимости от параметров самого участка. А толщина пленки определяется при условии анализа границ температуры при нагревании или охлаждении. При этом элемент Пельтье используют для подачи тепла на рассматриваемом участке, температура которого измеряется с помощью термоэлемента и вычисляется с помощью микропроцессора.

Датчик обнаружения обледенения снабжен термоэлектрическим датчиком теплового потока, нижняя часть которого соединена с элементом Пельтье, а верхняя образует внешнюю чувствительную к образованию льда поверхность. Верхняя часть термоэлектрического датчика содержит датчик температуры. С его помощью обеспечивается повышение чувствительности ледообразования или предрасположенности к нему.

Предлагаемая полезная модель относится к средствам сигнализации и контроля и может быть использована для дистанционного обнаружения обледенения на поверхностях летательных аппаратов таких как: фюзеляжа, крыльев, пропеллеров или лопаток ротора самолетов.

В докладе представлены: описание структуры и принцип действия датчика обледенения на основе термоэлектрического элемента Пельтье, а также приведён анализ преимуществ данного устройства и указаны элементы летательного аппарата, которые могут быть включены в область работы датчика.

Список используемых источников:

1. Gromov G. Thermoelectric Icing Sensor: Theory and Practice of Development / Gennady Gromov, Timofey Gromov. – [б.м]: Издательские решения, 2024. – 192 с.

2. Патент РФ № 162213 МПК В64D 15/20 (2006.01). ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ОБЛЕДЕНЕНИЯ : RU 2016104432/11 : заявл. 2016.02.10 : опубл. 2016.05.27 / Громов Геннадий Гусамович (RU) – 23 с.

Разработка и исследование задающего устройства управления работой автоматизированной системы летательного аппарата на основе усеченных синтетических псевдослучайных последовательностей

Волков М.А.

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

АО «МНПК «Авионика», Москва

Обеспечение высокой надежности и точности функционирования задающих устройств является одной из важнейших задач при разработке систем бортового оборудования летательных аппаратов.

Задающий прибор является неотъемлемым элементом пультов систем управления, обеспечивающий возможность ручного ввода требуемых значений управляемых параметров, соответствующих определенному углу поворота, например: высота, курс, горизонтальная и

вертикальные скорости и др. Точность и надежность ввода параметров оказывает влияние на успешность выполнения полетных заданий.

В настоящее время применяются аналоговые и цифровые датчики, обладающие рядом существенных недостатков. Подавляющее большинство устройств обоих типов являются контактными, что обуславливает:

- подверженность электрическому искрению в области контактов, снижающему надежность функционирования;
- возникновение ложных срабатываний при воздействии вибраций и ударных нагрузок;
- ограниченный ресурс, связанный с наличием скользящего электрического контакта и деградацией контактных поверхностей.

В рамках представленной работы предлагается концепция цифрового бесконтактного задающего прибора поворотного типа с применением кодовой шкалы на основе синтетической псевдослучайной последовательности.

Отличительной особенностью предлагаемого решения является применение усеченных синтетических псевдослучайных последовательностей, позволяющие:

- исключать запрещенные кодовые комбинации;
- конструировать задающие устройства с необходимым числом угловых положений;
- уменьшить габаритные размеры задающего устройства за счет расширенного окна кодирования синтетической псевдослучайной последовательности.

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. Синтетические псевдослучайные последовательности для датчиков положения. Приборы. 2019. №11 (233). С. 21–28.

Выбор типоконструкции шарико-винтовой передачи для её последующего использования в составе электромеханического привода поступательного действия

Копылов Г.Г.

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

МАИ, Москва

Электромеханические приводы поступательного нашли широкое применение в составе различных систем управления беспилотными и пилотируемыми летательными аппаратами. Неотъемлемой частью таких приводов является механическая передача, преобразующая вращательное движение вала электродвигателя в поступательное движение выходного звена исполнительного механизма электромеханического привода.

Шарико-винтовые передачи (ШВП) имеют высокий потенциал использования в приводных механизмах ввиду своих малых габаритов и высоких эксплуатационных показателей. Такие передачи способны эксплуатироваться тысячи часов, не теряя плавности хода. Шарико-винтовая передача — механизм, представляющий собой высокоточную систему линейного перемещения. Основное предназначение такого механизма — передача вращательного механического движения для его преобразования в поступательное линейное.

Любая конструкция ШВП состоит из винта, гайки и шариков. Принцип работы ШВП основан на циркуляции шариков между винтом и гайкой: при вращении винта шарик, находящиеся в канавках гайки, перекачиваются по резьбе, обеспечивая линейное перемещение. Различие шарико-винтовых передач заключается в основном конструкцией гайки. Наиболее распространены ШВП с рециркуляцией шариков и ШВП с сепаратором, в качестве сепаратора могут быть использованы упругие вкладыши. Сепаратор также может быть цилиндрическим с гнездами, в которых размещены шарик. У ШВП с сепаратором исключена возможность заклинивания, такая конструкция более простая и дешевая в изготовлении, так как отсутствует внутренняя винтовая поверхность гайки, но, при этом, снижается КПД такой передачи.

Наибольшее количество отказов электромеханических приводов происходит из-за низкого качества производства ШВП. Для ШВП наиболее важными параметрами надёжности работы являются: осевой люфт, момент холостого хода и пульсация момента холостого хода. Все эти технические показатели проверяются с помощью специального комплекса для контроля привода на основе шарико-винтовой передачи.

Для выбора типа шарико-винтовой передачи, наиболее полно отвечающей всем требованиям, необходимо проанализировать различные наиболее распространённые конструкции шарико-винтовых механизмов и исследовать их технические характеристики. В докладе представлены результаты исследования 7 типов конструкций ШВП, 6 из которых выполнены по схеме с рециркуляцией шариков, а одна передача, разработанная при участии сотрудников АО «МНПК «Авионика», имеет сепаратор. Исследование проведено с помощью разработанного комплекса для контроля привода на основе шарико-винтовой передачи системы управления полётом летательного аппарата по трём основным техническим параметрам шарико-винтовой передачи. По результатам испытаний будут выделены сильные и слабые стороны разработанной шарико-винтовой передачи и приведены разработанные рекомендации по практическому использованию результатов проведённых исследований.

Список используемых источников:

1. Подшибнев В.А. Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения: Автореферат дис. канд. техн. (11.07.22) / В.А. Подшибнев. – М.: 2022 -24 с.
2. Павлов Б.И. Шариковинтовые механизмы в приборостроении под ред. В.Ф. Павловой Л.: Машиностроение / Машиностроение, 1968. – 136 с.
3. Абдуллин Р.Р. Методика проектирования шарико-винтовой передачи с сепаратором / Абдуллин Р.Р., Кириллов А.А., Подшибнев В.А., Самсонович С.Л. // Известия ТулГУ. Технические науки – 2023. – Вып. 1 – с. 88-95.

Стохастическое моделирование производственных процессов

Лийн Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Современные производственные системы представляют собой сложные многозвеньевые структуры, в которых детали проходят через последовательность технологических операций, выполняемых на различных производственных позициях. Оптимизация работы таких систем является ключевой задачей, поскольку неэффективность в одном из узлов может привести к значительным потерям в масштабах всего предприятия. Традиционные методы анализа производственных процессов, основанные на оценке детерминированных параметров, не позволяют учесть реальную изменчивость условий. Временные задержки, варьирующиеся нагрузки, случайные простои оборудования и колебания поступления деталей на обработку — всё это требует применения вероятностных методов [1]. Введение случайных процессов в анализ эффективности производства позволяет повысить точность прогнозирования и разработать стратегии по снижению издержек и увеличению производительности.

Один из наиболее эффективных подходов для оценки таких систем — методы теории массового обслуживания (СМО). Теория рассматривает процессы поступления, обработки и выхода объектов из системы, что делает её применимой для анализа производственных линий. В частности, использование пуассоновского распределения для моделирования входного потока деталей и экспоненциального распределения для времени обработки позволяет приблизить симуляцию к реальным условиям работы производственных станков [2–3].

В работе представлен стохастический метод оценки производственных процессов, позволяющий анализировать влияние случайных факторов на производительность системы.

Для моделирования производственного процесса предложена комбинированная система последовательных и параллельных запусков технологических операций, где каждая

операция представлена в виде производственной позиции. Входные и выходные параметры определяют логику прохождения деталей по производственной линии.

Многопараметрический эксперимент позволяет исследовать зависимость ключевых показателей от изменяющихся условий, таких как интенсивность поступления деталей; скорость обработки на различных позициях или вид запуска обработки.

В ходе проведённых симуляций получены следующие ключевые показатели:

- среднее время нахождения деталей в системе;
- длина очередей загрузки позиций
- степень загрузки оборудования;
- влияние стохастических факторов на общую производительность.

Разработанный метод стохастического моделирования производственных процессов позволяет количественно оценивать влияние случайных факторов на эффективность производства. Полученные результаты позволяют выявлять узкие места, прогнозировать поведение системы при изменении параметров и разрабатывать стратегии оптимизации, что позволит не только повышать общую эффективность производства, но и принимать более точные управленческие решения.

Список используемых источников:

1. Павлидис В.Д., Чкалова М.В., Шахов В.А., Стохастическое моделирование технологического процесса производства комбинированных кормов // Достижения науки и техники АПК — 2022. — 36(10). — С. 78–83.
2. Ванцов С.В., Хомутская О.В., Лийн Е.А., Новые возможности автоматизации технологических процессов в приборостроении // Вестник МГТУ «Станкин» — 2023. — С. 129–136.
3. Новиков В.А., Барменков Е.Ю., Бобрышев Е.Б., Борисова Е.В., Модульный подход при управлении цепочками поставок // Компетентность — 2023. — С. 24–33.

Способ повышения удельных характеристик энергопреобразующей аппаратуры космических аппаратов

Лысенко И.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Журавлев И.М.

АО «РЕШЕТНЁВ», Железногорск

В связи с необходимостью снижения стоимости запуска и эксплуатации космических аппаратов (КА), проблема повышения удельно-массовых и энергетических характеристик энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) становится все более актуальной. Основными способами решения данной проблемы является сохранение текущей схемотехники с выбором одной из следующих опций:

• повышение рабочей частоты импульсных преобразователей энергии, что, в свою очередь, приводит к снижению номиналов реактивных элементов, занимающих основной объем и массу преобразователей;

- применение более совершенной компонентной базы;
- оптимизация конструкции.

Однако, данные способы не обеспечивают устранения принципиальных недостатков, присущих схемам ЭПА, поскольку приводят к росту коммутационных потерь, либо к усложнению топологии схемы.

Перспективным решением является применение мягкой коммутации, например, в резонансных и квазирезонансных схемах преобразователей энергии или применение схем с разделением потоков энергии. Отличительной особенностью таких решений является большое количество транзисторных ключей верхнего уровня, наличие синхронных выпрямителей либо полумостовых схем. Соответственно, для обеспечения корректной работы таких преобразователей необходимы вторичные источники питания (ВИП) с большим количеством гальванически развязанных каналов. Например, использовать для каждого транзистора отдельный канал или в случае необходимости резервирования – два канала различных ВИП. Поэтому применение продвинутых схемотехнических решений в

ЭПА приводит к расширению существующих вспомогательных функциональных узлов. Это может нивелировать возможный выигрыш в удельных характеристиках.

При этом необходимо учитывать, что целесообразно выбрать частоту работы ВИП не ниже частоты коммутации ключей, чтобы компенсировать разряд выходного конденсатора канала ВИП при заряде ёмкости затвор-исток транзистора. Учитывая большое количество обмоток, высокую частоту и большой импульсный ток, можно сделать вывод о необходимости применения двухтактных схем ВИП, поскольку они, за счет перемagnичивания по полной петле гистерезиса, позволят более эффективно использовать реактивные компоненты, чем одноктактные преобразователи.

К примеру, для управления двухтактным понижающим преобразователем, работающим в качестве разрядного устройства, необходимо как минимум 5 каналов питания – два на транзисторные ключи, один для датчика тока, один для датчика напряжения, один для системы управления. В случае, если схема преобразования энергии усложняется, каналов, а значит, и число обмоток также растет.

Таким образом, можно сделать вывод, что кардинальное повышение удельных характеристик ЭПА требует изменения вспомогательных функциональных узлов, в первую очередь – гальванически развязанных вторичных источников питания.

Список используемых источников:

1. Комплексный алгоритм проектирования энергопреобразующей аппаратуры космических аппаратов / И.Е. Лысенко, И.М. Журавлев, М.Е. Хлыстунов, Д.О. Дударьков, А.Г. Струговец // Вестник чувашского университета. – 2023. – 4. – С. 85-98.
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. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
4. Журавлев И. М. Зарядное устройство аккумуляторной батареи космического аппарата на основе двухтактного понижающего преобразователя напряжения с трансформаторными датчиками тока / М.Е. Хлыстунов, И.М. Журавлев, А.Г. Струговец // Практическая силовая электроника. – 2023. – № 4(92). – С. 33-37.

Разработка и исследование типового технологического процесса изготовления корпусных деталей приборов в условиях цифрового производства

Назин В.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.
МАИ, Москва

В настоящее время в аэрокосмической отрасли производство приборов достигло огромных масштабов. Быстрое и качественное выстраивание производственных цепочек, является одной из важнейших задач, стоящих перед производством. Для решения этой задачи традиционно используются типовые технологические процессы, а в последнее время всё чаще используют так же технологии цифрового производства.

Типовой технологический процесс – это технологический процесс производства группы изделий с общими технологическими и конструктивными признаками. Такие процессы используются как информационный шаблон при создании конкретизированных технологических процессов, а в редких случаях и просто как рабочие процессы.

Цифровое производство – это общий подход к производственному процессу, в основании которого заложена компьютерная система. Переход к цифровому производству обрёл большую популярность в связи с большей доступностью качественных компьютерных систем на различных производствах. По мере того, как на производствах стали применяться более автоматизированные инструменты, возникла необходимость в моделировании, симуляции и анализе всех станков, инструментов и исходных материалов для оптимизации производства.

В данной работе рассматривается создание и использование типового технологического процесса с использованием CAD/CAM систем, включающего этапы: подготовки производства, механической обработки, сборки и контроля качества в реалиях цифрового производства. Проводится исследование прошедших испытаний и работа по актуализации разработанного типового технологического процесса с применением цифровых технологий для анализа необходимости возможных изменений.

Современные технологии изготовления кварцевых маятников акселерометров

Рютин И.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Жуков А.А.

МАИ, Москва

Миниатюрные высокоточные инерциальные датчики, созданные на базе микромеханических чувствительных элементов (ЧЭ), нашли широкое применение в системах управления летательных аппаратов, автономной навигации, а также в орбитальных, межпланетных и спускаемых модулях. Возрастающий интерес к компактным беслатформенным инерциальным навигационным системам, включая отдельные акселерометры и гироскопы, связан с ужесточением требований к массогабаритным параметрам космической техники, таких как появление нано- и пикоспутников, а также сверхлегких ракет-носителей. Кроме того, повышается спрос на автономность систем, включая элементы многоразовых космических транспортных систем.

Целью данного исследования является анализ и сопоставление современных технологий производства микромеханических маятников акселерометров, установленных на упругий подвес. Основные задачи работы включают:

- изучение современных подходов к изготовлению кварцевых маятников акселерометров на упругом подвесе;
- проведение сравнительного анализа технологий с точки зрения качества конечного продукта;
- формулирование рекомендаций по выбору наиболее эффективной технологии.

В рамках исследования проведен обзор и сравнение следующих технологий изготовления кварцевых маятников акселерометров:

1. Индивидуальная пицциновая технология [1].
2. Групповая технология с использованием фотолитографии защитного покрытия [2].
3. Групповая технология с применением плазменного анизотропного травления кварца для финального вскрытия чувствительного элемента [2].
4. Технология безмаскового травления с предварительной обработкой фемтосекундным лазером [3].

На основе проведенного анализа предложены следующие рекомендации:

- Рассмотренные технологии не обеспечивают абсолютной повторяемости характеристик изделий, что может быть связано с неоднородностью свойств кварцевых пластин. Для повышения повторяемости необходимо детально изучить влияние параметров подложки на качество изделий и разработать методы контроля этих параметров.
- Технология безмаскового травления представляется более перспективной благодаря формированию линейных торцевых поверхностей. Однако механизм увеличения скорости травления под воздействием лазерного излучения требует дополнительных исследований.

В результате исследования были сделаны следующие выводы:

- Пицциновая технология не подходит для массового производства из-за низкой повторяемости характеристик изделий, что требует индивидуальной доработки каждого экземпляра.
- Групповые технологии, описанные в работе, обеспечивают высокую точность размеров чувствительных элементов и стабильность характеристик. Наиболее перспективной среди них является технология безмаскового травления с предварительной засветкой

фемтосекундным лазером. Ее преимущество заключается в сокращении числа технологических операций, что снижает трудозатраты по сравнению с методами, использующими фотолитографию и плазменное анизотропное травление.

- Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение взаимосвязи между характеристиками подложки и выходом годных изделий, а также на исследование механизма ускорения травления под воздействием лазерного излучения.

Список используемых источников:

1. Минкин А. М. Технологические основы формообразования чувствительного элемента из кварцевого стекла методом химического травления через текстурированное молибденовое покрытие. Дисс. канд. техн. наук. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Пермь, 2020. 116 с.

2. Гусева О.С., Козлов Д.В., Корпухин А.С., Смирнов И.П., Харламов М.С., Шестакова К.Д. Технологии групповой микрообработки для производства чувствительных элементов инерциальных МЭМС датчиков // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы – 2021, том 8, выпуск 4. С 86-97.

3. Гусева О.С., Козлов Д.В., Корпухин А.С., Смирнов И.П., Андреев П.А. Применение фемтосекундного лазера при изготовлении кварцевых чувствительных элементов МЭМС-акселерометров // Нано- и микросистемная техника. – 2022, том 24, № 1. С. 3 – 8.

Выявления дефектов при производстве кремниевых кристаллов микромеханических измерительных приборов

Соловьев А.К., Раменский В.Л.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

Современные авиационные измерительные устройства являются результатом многолетней работы многих учёных, начиная с момента становления авиастроения. Эти приборы собирают и передают в систему управления данные о температуре воздуха, линейном ускорении, угловой скорости, давлении, положении в определённой системе координат и другие параметры. Однако большинство традиционных измерительных устройств обладают значительными размерами и высокой стоимостью. В связи с этим разработчики стали использовать приборы с чувствительными элементами на основе кремниевых кристаллов. Они отличаются меньшей стоимостью производства и компактностью, однако уступают другим устройствам по точности измерений, поэтому чаще всего применяются в качестве резервных систем.

При производстве чувствительных элементов для микромеханических приборов нередко возникают следующие дефекты кристаллов:

- Ростовые – двойники, дефекты упаковки, ростовые дислокации, точечные дефекты (вакансии и атомы в междоузлии), а также разные скопления (кластеры) этих дефектов;

- Технологические – дислокации, которые образуются в процессе термических операций, окислительные дефекты упаковки (ОДУ), примеси тяжелых металлов и их скопления, а также преципитаты кислорода, которые могут образовываться при термообработке кремния.

Дефекты в структуре кремниевых кристаллов оказывают влияние на механические характеристики пластин монокристалла: в местах их присутствия существенно увеличивается расстояние между атомами, а поврежденные зоны нарушают прямую связь между электрическим сигналом и степенью деформации слоя кремния при воздействии и снятии механических нагрузок. Более того, при повышении температуры усиливается подвижность атомов вблизи дефектов, что ведет к изменению конфигурации и размеров этих областей, в результате чего происходят изменения в кристаллической решетке, возникают дополнительные упругие деформации и меняется величина электрического сигнала. Для предотвращения использования некачественных кристаллов применяются различные методы оценки их характеристик и состояния:

- визуальный осмотр;

- селективное травление;
- ультразвуковой метод;
- четырехзондовый метод;
- измерение времени жизни неосновных носителей.

В дальнейшем планируется провести подробный анализ методов контроля кремниевых кристаллов. В докладе будут рассмотрены установки для проведения контроля, технологический процесс производства кристаллов и метод сокращения количества производимых кристаллов с дефектами.

Список используемых источников:

1. Галкин В.И. курс лекций по дисциплине «Перспективные гироскопы летательных аппаратов и их производство» – М.,2005. – 150 с.
2. Литвиненко В. Н., Богач Н. В. Дефекты и примеси в кремнии и методы их геттерирования, Вестник Херсонского национального технического университета. – 2017. – № 1. – с. 32-42.

Разработка оптимального алгоритма диагностики инерциального измерителя параметров движения

Чижик А.П., Пинчукова И.А.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

Диагностика неисправностей инерциального измерителя параметров движения (ИИПД) является сложным и трудоемким процессом, которое требует определенных углубленных знаний по тематике работы устройства, принципам работы электрических схем и правилам работы со смежным технологическим программным обеспечением. Для ускорения процесса выполнения диагностики устройства, его дальнейшей калибровки и последующей его передачи в вышестоящие инстанции был разработан универсальный алгоритм диагностики ИИПД. Данный алгоритм разработан для семейства микромеханических датчиков, построенных на основе одноосевых микромеханических акселерометров и гироскопов.

Следование данному алгоритму позволяет выполнить ремонт устройства в полном объеме, что может потребоваться при невозможности точечной диагностики устройства, а также для полного исключения возможных «плавающих» ошибок при дальнейшей работе устройства. Сложность при точечной диагностике может возникать ввиду того, что обширный ряд типовых неисправностей может быть вызван некоторым количеством взаимодополняющих неполадок. Также, данный алгоритм способствует ускорению рабочего процесса диагностики и последующего ремонта устройства, так как при составлении алгоритма была рассчитана трудоемкость каждого из процессов диагностики и ремонта прибора в человеко-часах. Исходя из данных расчетов, инженерный состав имеет возможность выбирать гибкий способ диагностики устройства и работать либо «от простого к сложному», либо «от сложного к простому». Такой подход к решению проблемы позволяет в короткий срок диагностировать и устранить неисправность, что в свою очередь повышает производительность труда и снижает потенциальный риск возникновения неисправностей вторичного типа.

В докладе будет рассмотрен полный алгоритм диагностики и устранения неисправностей микромеханического инерциального измерителя параметров движения. А также приведены расчеты по трудозатратам для выполнения каждого типа операций.

Список используемых источников:

1. Галкин В.И. курс лекций по дисциплине «Перспективные гироскопы летательных аппаратов и их производство» – М.,2005. – 150 с.

Методика автоматизированных измерений электрофизических параметров сегнетоэлектрических материалов для функциональной электроники

Чихрина У.С., Рузняев А.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Печерская Е.А.

Пензенский государственный университет, Пенза

Сегнетоэлектрические материалы благодаря уникальным свойствам находят широкое применение в устройствах нано- и микросистемной техники, таких как, малогабаритные конденсаторы, устройства оптической обработки информации и акустической электроники, пьезоэлектрические и пьезоэлектрические преобразователи. Одна из сфер применения - система быстрого запуска автомобилей [1], а доменное строение активных диэлектриков позволяет рассмотреть его для применения в волноводных и слоистых структурах для применений в элементах фотоники. Прорывными достижениями в области нано- и микросистемной техники являются устройства динамической памяти (DRAM), статической памяти (FRAM), а также, микроэлектромеханические устройства (MEMS).

Ряду сегнетоэлектриков присущи высокие значения диэлектрической проницаемости, пьезомодуля, перспективные зависимости электрооптических и пьезоэлектрических характеристик, что открывает широкие возможности их применения в радиотехнике, гидроакустике, интегральной оптике, квантовой электронике, измерительной технике. Для измерений электрофизических параметров сегнетоэлектриков предложены усовершенствованные модификации метода Сойэра-Тауэра, что позволило улучшить метрологические характеристики средств измерений: расширить диапазоны измерений, снизить основные и дополнительные погрешности [2, 3].

Анализ современного состояния исследований в области измерения параметров активных диэлектриков позволяет выявить основные проблемы. На сегодняшний день, методики, осуществляющие измерение основных характеристик непроводящих материалов, имеют ряд недостатков: большие массогабаритные относительную инструментальную погрешностью измерения температуры образца и поляризованности порядка пяти процентов, что порождает большую погрешность косвенного измерения параметров петли диэлектрического гистерезиса и тангенса угла диэлектрических потерь. С точки зрения применения в электронной технике, важнейшим является измерение таких параметров указанных материалов, как поляризованность, относительная диэлектрическая проницаемость и зависимость емкости от напряженности электрического поля. Серьезной метрологической проработки требуют методы и средства измерения указанных величин, а также электрофизической модели сегнетоэлектрика.

Автоматизированная методика направлена на полное исследование параметров диэлектрических материалов, усовершенствование методов и систем измерения их электрофизических параметров. Предложенный метод измерения параметров активных диэлектриков и элементов базируется на модифицированной схеме Сойера - Тауэра, что позволяет с высокой достоверностью выполнять измерения электрофизических параметров исследуемых образцов с учетом их форм и размеров. Автоматизация методики позволяет полностью исключить субъективные погрешности.

При решении задачи выполнены системные исследования моделей взаимосвязей параметров сегнетоэлектриков, что позволяет учесть ключевые факторы, влияющие на точность измерений основных параметров указанных структур. Методика автоматизированного измерения параметров активных диэлектриков позволит измерить как полевые, так и температурные зависимости.

Новое решение методики измерения характеристик структур активных диэлектриков позволит снизить основную относительная погрешность измерений поляризованности до $\pm 1\%$. Достигнутые результаты будут иметь практическое применение в различных отраслях, таких как изготовление элементов микро- и наносистемной техники, малогабаритных конденсаторов, датчиков.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект «Синтез и исследование перспективных наноматериалов, покрытий и устройств электроники» (№ 124041700069-0).

Список используемых источников:

1. Бородин, А. В. Сегнетоэлектрики и их применение в электронике / А. В. Бородин, Б. Конкин // Актуальные аспекты развития логистических коммуникаций: Российско-армянский логистический форум. Материалы международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 17–27 ноября 2022 года. – Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-ПРИНТ», 2023. – С. 115-118.
2. Печерская Е.А., Рябов Д.В., Якушова Н.Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2012. № 1. С. 208-213
3. Печерская Е.А., Соловьев В.А., Метальников А.М., Бобошко А.В. Методы исследования температурных зависимостей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2 (94). С. 77-81.

Система управления промышленными манипуляторами с обратной тактильной связью

Шалаев А.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

В настоящее время промышленные роботы-манипуляторы (РМ) всё больше начинают использоваться в авиастроении [1]. Для управления РМ используются пульта, состоящие из дисководов и кнопок, и компьютерное программное обеспечение [2].

Основным недостатком данной системы управления является неочевидность управления (её не интуитивность), необходимость поддерживать постоянный зрительный контакт с РМ, оценивать приблизительные размеры переносимого объекта и расстояние от объекта до окружения, что создаёт риск повреждения РМ и вышеописанных объектов. Кроме того, данная система требует длительного обучения операторов, а также задерживает программирование РМ на несколько месяцев [3].

В работе была поставлена цель разработать систему управления РМ, которая будет более интуитивной и позволит увеличить скорость работы с РМ, снизить время обучения операторов, а также ускорить программирование РМ.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

1. Разработка блок-схемы прототипа первой ступени.
2. Проведение первых испытаний для уточнения блок-схемы прототипа.
3. Разработка и сборка прототипа.
4. Проведение испытаний прототипа
5. Доработка прототипа по результатам испытаний.
6. Анализ полученных результатов и формулировка направлений дальнейших работ.

Текущий прототип состоит из считывающего устройства (СУ) и блока обратной тактильной связи. В свою очередь СУ состоит из микроконтроллера, ряда датчиков изгиба и переменных резисторов, включённых как делители электрического напряжения. С помощью информации, полученной с датчиков, расположенных на груди и руке оператора, устройство определяет относительные углы поворота руки и сгиба пальцев, затем, используя разработанное программно-аппаратное обеспечение, определяет относительное положение кисти оператора в пространстве, считая, что плечевой сустав находится в точке с координатами (0, 0, 0).

Основным элементом блока обратной тактильной связи являются индуктивные катушки, нижнее отверстие которых закрыто пластиком, а верхнее - мембраной. Внутри катушек находятся неодимовые магниты. При необходимости воздействия на палец, а именно, когда с датчиков на рабочем органе РМ поступает сигнал, на катушку подаётся переменный ток, в результате чего магнит с определённой частотой ударяется о палец, что позволяет ощутить большее воздействие, чем от статического давления магнита в подобной катушке.

В ходе пробного тестирования устройства было определено, что человеку, который ни разу не испытывал систему до этого, необходимо в среднем 3 минуты 40 секунд для захвата

статичного объекта и перемещения его в другое место. Полученный результат уже превосходит среднее время обучения методу, используемому в настоящее время.

Результатом проведённой работы является носимое на теле устройство, позволяющее управлять РМ с помощью движений руки и получать обратную тактильную связь, передающую степень давления рабочего органа манипулятора на объект. Данные преимущества позволяют сделать управление более предсказуемым (интуитивным), убрать острую необходимость в зрительном контакте с РМ за счёт использования тактильного органа чувств, сократить время обучения управлению РМ, а также снизить время, затрачиваемое на программирование РМ. Например, если РМ должен просверлить отверстие в детали, можно надеть СУ и вручную просверлить деталь, в то время как устройство будет записывать координаты кисти и величины сгиба пальцев. В результате будет получена траектория, которой потребуется незначительная корректировка, тем самым отпадает необходимость с нуля создавать траекторию движения РМ, что в разы экономит время при создании или переоборудовании конвейерной линии, использующей РМ.

Для улучшения разработанного устройства планируется заменить имеющиеся в конструкции переменные резисторы на акселерометры, а также усовершенствовать датчики изгиба с целью повышения точности и удобства использования системы управления. Также планируется разработка нейронной сети, обучающейся на работе оператора, которая в будущем позволит вместо него выполнять типовые операции.

Список используемых источников:

1. МирПром [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mirprom.ru/public/primenenie-robotov-v-aerokosmicheskoy-promyshlennosti.html> (дата обращения: 02.12.2024).
2. В.С. Громов, О.И. Борисов, М.М. Синетова. Программирование промышленных роботов серии Mitsubishi Melfa // СПб: Университет ИТМО, 2023. — С. 35-64.
3. RoboDK [Электронный ресурс]. URL: <https://robotdk.com/blog/industrial-robot-programming/> (дата обращения 02.12.2024).

Исследование микросхемы ESP8266 с модулем Wi-Fi для разработки устройства захвата автомобиля

Шевцов М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.

МАИ, Москва

Автомобильные ралли (авторалли) — это вид автомобильных соревнований, проходящих по автомобильным дорогам с регулярным движением транспорта или на специальных отрезках дороги, предназначенных для машин-участниц. Трасса ралли делится на несколько участков (кругов), со стартом и финишем, а каждый участок разбивают на отрезки (этапы), ограниченные пунктами контроля времени (КВ). Для контроля прохождения судейская коллегия может устанавливать пункт контроля прохождения (КП), пункт внезапного контроля времени (ВКВ) и дополнительное состязание (ДС) для контроля времени и прошедших участников на выбранном участке. От одного участка до другого автомобили передвигаются, соблюдая «Положение о соревнованиях» и «Правила соревнований» с строго определенным временным нормативом.

Секретариат соревнования использует такие инновационные технические средства, как видеоповторы, устройства захвата движений и GPS-трекинга участников состязаний, тепловые карты и БПЛА для съемок с воздуха.

Однако в авторалли все еще используются табельные или атомные часы для фиксации прохождений КТ. Для их замены придумана так называемая ловушка автомобиля. Для фиксации времени прибытия автомобиля участников соревнований могут быть задействованы Bluetooth, Wi-Fi и GPS-трекеры. Они на расстоянии от одного метра от пункта контроля позволяют «поймать» автомобиль ловушкой, зафиксировать время прибытия и сохранить полученные данные.

Для этой цели в работе выбрана микросхема ESP8266 со встроенным модулем Wi-Fi. ESP8266 представляет из себя дешёвый, но дальнбойный и мощный чип, который легко

программировать. Исследуется возможность его применения для захвата автомобилей на пунктах контроля авторалли с ограничением дальности обнаружения.

Для проведения исследования были использованы модули Wi-Fi микросхемы ESP8266 с USB-программаторами, часть которых выступала в роли точек (автомобилей), а часть — в роли ловушек (устройств захвата проезжающих точек). Серия исследований проводилась как с автомобилями, так и с пешеходами. Также во время авторалли проведены следующие исследования:

- подавления сигналов устройств с помощью радиоизоляционных материалов (фольга, черная материя);
- использования команды «WiFi.setOutputPower(n)» для регулирования максимальной мощности передачи в дБ ($n * 0,25$ мВт при $n = [0; 20,5]$);
- изменения значения мощности сигнала, обнаруживаемой устройством захвата точки (RSSI или Received Signal Strength Indication).

В результате проведенных во время авторалли испытаний выяснилось, что микросхема ESP8266 при отсутствии экранирующих и отражающих материалов уверенно видит точки на расстоянии 300 метров, а при использовании радиоизоляционных материалов — до 10 см.

Регулирование максимальной мощности микросхемы ESP8266 показало, что чем значение n меньше, тем захват хуже (с меньшего расстояния фиксирует точку), и наоборот: чем значение n больше, тем захват лучше (с большего расстояния фиксирует точку).

Изучение значения мощности сигнала показало, что при $n = 15$ мощность изменяется от 0 до -110 дБ, причем устройство выдает значения 0 дБ для точек, находящихся в 100 метрах, и [-86; -54] - для приближающихся точек.

Выбранную микросхему ESP8266 со встроенным модулем Wi-Fi можно использовать, чтобы поймать автомобиль ловушкой. Однако для более точного определения расстояния и времени оно должно использовать радиоизоляцию, показавшую себя эффективнее, чем команда «WiFi.setOutputPower(n)».

Список используемых источников:

1. Сингуринди Э.Г. Авторалли. — М.: ДОСААФ, 1978. — 320 с.
2. Шварц М. Интернет вещей с ESP8622 / Пер. с англ. - 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 224 с.

Обеспечение отработки программного обеспечения и испытаний бортовой аппаратуры с однократно программируемыми микроконтроллерами Шлепанов В.А.

Научный руководитель — Кудряшова Г.В.

АО «РЕШЕТНЁВ», Железнодорожск

Для решения современных задач по обеспечению управления и контроля различных систем космического аппарата используются приборы, имеющие в своём составе микроконтроллеры с программным обеспечением (ПО). С целью обеспечения необходимой стойкости прибора к специальным факторам космического пространства используются микроконтроллеры в связке с однократно программируемой памятью, представляющей из себя микросхему постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). Одним из главных этапов разработки данных приборов является наземно-экспериментальная отработка (НЭО), на которой, помимо прочего, производится отладка встроенного ПО.

Для обеспечения возможности перезаписи ПО могут использоваться ПЗУ космического уровня качества с возможностью многократного программирования или программаторы с возможностью эмуляции ПЗУ. Отечественные ПЗУ, используемые в данный момент, и, соответствующие всем предъявляемым требованиям для работы в космическом пространстве, являются ПЗУ однократного программирования. Программаторы, способные записывать программу в энергозависимую память микроконтроллера при каждом запуске микроконтроллера, требуют прямого подключения к ЭВМ оператора и микроконтроллеру. Однако, при проведении испытаний прибора в сборе, подключение внешнего программатора без использования дополнительного технологического разъёма невозможно.

Исходя из вышеперечисленных особенностей эксплуатации, разрабатываемое устройство должно обладать возможностью установки в собранный прибор и иметь возможность передачи данных посредством как проводных, так и беспроводных интерфейсов.

Результатом разработки стало создание устройства – эмулятора ПЗУ. На этапе НЭО данное устройство подключается к испытываемому блоку и имитирует однократно записываемое ПЗУ, при этом имея возможность перезаписи ПО посредством проводных (USB) и беспроводных (Bluetooth) интерфейсов передачи данных. При разработке, для уменьшения габаритных размеров печатной платы эмулятора, был использован минимально необходимый набор компонентов. В качестве управляющего микроконтроллера используется микросхема STM32F103C8. Запись ПО производится в микросхему Flash-памяти размером 16 Мбит. Поддержка беспроводного интерфейса Bluetooth осуществляется при помощи модуля HC-05, проводного интерфейса – USB-UART преобразователя CH340.

Разработанное устройство обеспечивает возможность перезаписи ПО при проведении испытаний как отдельного блока, так и собранного прибора, что ускоряет и упрощает процесс отладки изделий. В будущем, при применении стандартизированных отладочных разъёмов, данный эмулятор может быть использован при отработке ПО различных устройств.

Список используемых источников:

1. Микросхемы для жёстких условий эксплуатации / micron.ru. 2025. URL: <https://mikron.ru/products/high-rel-ic/> (дата обращения: 11.02.2025).
2. Микроконтроллеры / niiet.ru. 2020. URL: <https://niiet.ru/product-category/chips/microcont/> (дата обращения: 11.02.2025).
3. Т. Martin, The Insider's Guide To The STM32 ARM®Based Microcontroller / Hitex (UK) Ltd. – 2009 – 106 с.

Секция №3.4 Системное моделирование, комплексы программ и веб-разработка

Оптимизированный рендеринг текста для бортовых систем ЛА

Авдеев Д.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.м.н. Виноградов В.И.

МАИ, Москва

Современные бортовые системы летательных аппаратов, такие как Head-Up Displays (HUD) и Multi-Function Displays (MFD), требуют высокопроизводительного отображения текстовой информации в режиме реального времени. Критически важные данные — скорость, высота, курс, предупреждения о неисправностях — должны визуализироваться с минимальной задержкой и высокой чёткостью, даже в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Традиционные методы рендеринга, основанные на последовательной генерации глифов с использованием библиотек вроде FreeType или стандартных средств Qt, часто становятся узким местом из-за высоких накладных расходов на CPU и недостаточной оптимизации для GPU. Это приводит к снижению частоты кадров, повышенному энергопотреблению и задержкам, что недопустимо в авиационных системах.

В работе предложен гибридный метод, объединяющий три ключевые технологии: кэширование глифов, Signed Distance Fields (SDF) и аппаратное ускорение через OpenGL. Кэширование глифов позволяет минимизировать повторные вычисления за счёт предварительной генерации текстур для всех символов шрифта, включая кириллицу и специальные знаки. Динамическое обновление кэша обеспечивает гибкость при изменении размера шрифта или добавлении новых символов без остановки работы системы. Технология SDF решает проблему масштабирования текста: каждое растровое изображение символа преобразуется в текстуру с полем расстояний, что позволяет сохранять чёткость контуров при любом разрешении.

Алгоритм работы системы включает три этапа. На этапе инициализации происходит загрузка шрифта, генерация SDF-текстур для базового набора символов и сохранение их в кэше. При рендеринге текст разбивается на группы символов, которые объединяются в вершинные буферы для минимизации вызовов GPU. Шейдерный конвейер обрабатывает SDF-данные, регулируя сглаживание краёв в зависимости от разрешения экрана. В случае ошибок (например, отсутствия поддержки SDF) система автоматически переключается на резервный режим растрового рендеринга с использованием стандартного кэша FreeType, что гарантирует бесперебойную работу.

Тестирование проводилось на встраиваемой платформе с GPU Mali-T860, аналогичной бортовым компьютерам современных самолётов. Результаты показали, что предложенный метод обеспечивает частоту кадров 120 FPS при отображении 1000 символов, что на 40% выше, чем при использовании Qt Quick, и на 50% превышает производительность нативного OpenGL-рендеринга. Нагрузка на CPU снизилась с 85% до 12%, а потребление видеопамати сократилось в 4 раза за счёт оптимизации кэша. Динамическое масштабирование текста от 8 до 32 пунктов не приводит к потере качества, что критически важно для HUD-систем, где информация должна быть читаемой при любых условиях. Кроме того, метод продемонстрировал полную поддержку Unicode, включая кириллицу и спецсимволы, без артефактов.

Ключевым преимуществом разработки является её совместимость с существующими авиационными стандартами, такими как ARINC 661, что упрощает интеграцию в реальные бортовые системы. В отличие от Qt Quick, который имеет высокие накладные расходы из-за абстракций QML, предложенное решение напрямую взаимодействует с OpenGL, обеспечивая минимальную задержку. Кроме того, метод не зависит от операционной системы, в отличие от DirectWrite, который доступен только на Windows. Единственным ограничением является начальная задержка при генерации SDF-текстур (до 500 мс для шрифтов с 256 символами), однако этот процесс выполняется однократно при запуске системы.

Уже сейчас разработка готова к внедрению в учебные HUD-системы МАИ, а её принципы могут быть применены в других областях, где требуется высокопроизводительный рендеринг текста — например, в медицинских мониторах или промышленных интерфейсах.

Список используемых источников:

1. Qt Documentation: Graphics and Rendering.
2. FreeType Library Reference.
3. Akenine-Möller, T. et al. Real-Time Rendering (4th Edition). CRC Press, 2018.
4. NASA-HDBK-7008: Human-Systems Integration Design Handbook. 2020.

Разработка веб-интерфейса с моделью машинного обучения для предиктивной диагностики глаукомы

Альбова В.А., Торрес Ильина К.Е., Ломцова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов Ф.В.

МАИ, Москва

Цифровизация и широкое распространение технологий машинного обучения показывают новые возможности для диагностических исследований в медико-биологической практике. Ведущей патологией зрительного аппарата является глаукома — одно из наиболее тяжелых глазных заболеваний, которое характеризуется быстрым прогрессированием при отсутствии соответствующего лечения, что приводит к необратимой слепоте.

Проведение своевременной комплексной диагностики имеет большое значение в предотвращении тяжелых последствий заболевания, таких как ухудшение зрения, радужные круги, затуманенность взгляда и слепота. Цель данного проекта — разработка информационной системы для предиктивной диагностики глаукомы, интегрирующей алгоритмы машинного обучения для анализа медицинских данных и прогнозирования развития заболевания.

Такая разработка представляет собой передовой подход, который может значительно улучшить медицинское обслуживание космонавтов. В условиях микрогравитации, где изменения внутриглазного давления могут быть более выраженными, здоровье глаз подвергается особым нагрузкам, ранняя и точная диагностика глаукомы становится критически важной. Автоматизация процесса диагностики снижает необходимость в присутствии медицинского персонала на борту, что особенно важно для длительных миссий.

Традиционные методы диагностики в офтальмологической практике, такие как тонометрия, периметрия (исследование границ поля зрения) и гониоскопия (метод визуального исследования передней камеры глаза), требуют существенных материальных и временных ресурсов. Интеграция машинного обучения автоматизирует процесс поиска и обработки изображений и способствует повышению точности диагностики. Использование веб-интерфейса позволит широкой аудитории получить простой и интуитивно понятный доступ к системе.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1. Разработка архитектуры системы.
2. Поиск и подготовка датасета изображений глаз.
3. Разработка и обучение модели машинного обучения.
4. Интеграция модели с веб-интерфейсом.
5. Тестирование системы, оценка точности и производительности.

Для реализации проекта использовались следующие методы и технологии:

- frontend: создание пользовательского интерфейса на HTML, CSS, JavaScript;
- backend: разработка серверной части на базе FastAPI и реализация API для обработки медицинских изображений;
- машинное обучение: использование библиотек Fast.ai для разработки модели, внедрение свёрточных нейронных сетей (CNN).

Архитектура системы способствует эффективному взаимодействию всех компонентов, что позволяет предоставлять диагностические результаты в реальном времени и автоматизировать анализ медицинских изображений.

В процессе работы был разработан удобный и интуитивно понятный интерфейс для загрузки и получения результатов анализа изображений, демонстрирующий высокую точность диагностики глаукомы на основе изображений глазного дна. Кроме того, было налажено взаимодействие между компонентами системы, обеспечивающие ее быструю и надежную работу.

Разработанная система для диагностики глаукомы представляет собой значительное продвижение в области медико-биологических исследований. Она позволит повысить точность диагностики, улучшить процесс анализа изображений и сделать ее доступной более широкому кругу пользователей. Дальнейшие исследования в этом направлении должны быть направлены на повышение точности и надежности системы, а также адаптацию к новым ситуациям и задачам.

В будущем планируется интеграция предиктивной диагностики в бортовые медицинские системы для мониторинга здоровья космонавтов и передачи данных на землю для анализа специалистами. Улучшение модели за счет использования более сложных архитектур, таких как глубокие нейронные сети и передовые алгоритмы машинного обучения, повысит надежность и точность диагностики. Расширение функциональности веб-интерфейса предоставит более детальные отчеты о состоянии здоровья пациентов.

Список используемых источников:

1. Современные методы диагностики глаукомы — Текст: электронный // cyberleninka.ru [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-diagnostiki-glaukomy> (дата обращения: 27.02.2025).

2. Инструменты построения моделей машинного обучения — Текст: электронный // cyberleninka.ru [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-postroeniya-modeley-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 28.02.2025).

Методы и инструменты организации развертывания типовых динамических веб-ресурсов проекта «Лаборатория конференций»

Амбарцумова Н.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Научные конференции включают множество задач: подача заявок, рецензирование, публикация материалов и взаимодействие участников. Существующие решения для автоматизации этих процессов часто сложны, требуют много ресурсов на настройку и недостаточно гибки.

Многие предприятия научного профиля, в частности аэрокосмической отрасли, проводят научные конференции, требующие эффективных цифровых решений для организации.

Цель работы — разработка прототипа системы для автоматического развертывания динамических веб-ресурсов научных мероприятий в рамках проекта «Лаборатория конференций». Система должна обеспечить простой инструмент для создания сайтов конференций с минимальными затратами.

Для разработки прототипа системы были выбраны современные подходы и инструменты, обеспечивающие гибкость, надежность и простоту развертывания. Архитектура системы базируется на микросервисном подходе с использованием контейнеризации через Docker, что позволяет обеспечить изоляцию компонентов и легкость масштабирования. Backend-часть реализуется на языке Python с использованием фреймворка FastAPI, в качестве базы данных выбрана PostgreSQL. Для frontend-разработки для создания удобного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса взят Vue.js. Особое внимание уделено автоматизации процессов развертывания и обновления системы. В качестве инструментов CI/CD выбран GitLab CI/CD, что позволяет минимизировать ручные операции при деплое и повысить устойчивость системы к ошибкам.

Прототип системы демонстрирует ключевые возможности: создание веб-сайта конференции через веб-интерфейс, настройка структуры сайта, добавление секций и управление ими. Пользователи могут быстро развернуть типовой веб-ресурс, настроить домен, создать формы подачи заявок и адаптировать систему под специфические требования мероприятия. Сформированная архитектура закладывает основу для дальнейшего расширения системы, добавления новых модулей и интеграции с внешними сервисами.

Применение разработанного решения позволяет существенно сократить время, необходимое для развертывания веб-ресурсов, повысить качество документооборота и упростить процессы организации научных мероприятий. Система предоставляет организаторам конференций удобный инструмент, объединяющий автоматизацию, масштабируемость и простоту эксплуатации, что особенно важно для цифровых решений в научной сфере.

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. Максимов, Я. А. Развертывание современных веб-приложений / Я. А. Максимов, Е. А. Гудкова // Современные информационные технологии. – 2020. – № 32(32). – С. 69-71.

Разработка логики работы игрового образовательного приложения по информатике и архитектуре ЭВМ

Богатова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Игровые технологии становятся всё более востребованными в образовательном процессе, поскольку позволяют представить сложные концепции в интерактивной и наглядной форме. Особенно это актуально для изучения информатики и архитектуры вычислительных систем, где понимание работы аппаратных и логических компонентов требует не только теоретических знаний, но и практического опыта. Игровые механики помогают создать динамичную среду обучения, в которой пользователи активно взаимодействуют с моделями вычислительных процессов, что способствует лучшему усвоению материала и развитию аналитического мышления.

Разрабатываемое приложение представляет собой образовательную игру, направленную на изучение основ работы компьютера. В отличие от традиционных игровых проектов, оно не просто включает задачи на логику или программирование, а строит игровую структуру таким образом, чтобы каждый уровень отражал определённый аспект устройства вычислительной системы. В основе лежит концепция связности игровых пространств с внутренними компонентами компьютера: пользователи проходят последовательные этапы, которые соответствуют различным узлам вычислительной архитектуры. Это позволяет интуитивно понять взаимодействие процессора, памяти, логических элементов и других ключевых компонентов.

Разработка ведётся в среде Unity, что обеспечивает гибкость в создании разнообразных игровых механик. В проекте сочетаются логические головоломки, аркадные элементы и платформенные уровни. Такой подход позволяет чередовать аналитические и динамические задачи, поддерживая интерес пользователя на протяжении всего прохождения. Игрокам предстоит решать логические задачи, моделирующие работу вычислительных систем, а также участвовать в интерактивных сценах, имитирующих обработку данных, выполнение команд процессора и взаимодействие различных частей компьютера.

Структура уровней основана на принципах функционирования вычислительных систем. Например, некоторые этапы моделируют работу центрального процессора, где игрок управляет потоком данных и выбирает правильные логические операции. Другие уровни посвящены организации памяти или базовым принципам булевой алгебры, которые

подаются в формате игровых задач. Такой способ подачи материала делает изучение архитектуры вычислительных систем не только понятным, но и увлекательным.

Использование интерактивных игровых сценариев повышает качество усвоения знаний, поскольку сочетает теорию с практическим применением. Геймификация позволяет превратить сложные технические темы в последовательность задач, требующих от пользователя активного участия, а не пассивного изучения. Это способствует более глубокому пониманию принципов работы компьютеров и развитию навыков логического мышления.

Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение набора игровых уровней, внедрение дополнительных механик, моделирующих различные вычислительные процессы, а также тестирование среди пользователей для оценки эффективности предложенного подхода. Такой формат образовательных игр может стать основой для новых методов преподавания информатики, помогая изучать архитектуру вычислительных систем через активное взаимодействие с их виртуальными моделями.

Список используемых источников:

1. Хокинг Д. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. 2-е межд. издание. – Питер, 2022.
2. Hardman C. Game Programming with Unity and C#: A Complete Beginner's Guide. – Apress, 2020.
3. Чеботарёв С. С. Технологии проектного обучения и разработки видеоигр для подготовки студентов ИТ-направлений в условиях зарождения цифровой экономики // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2017 – С. 47-56.

Цифровые решения для мультимодальных пассажирских перевозок: интеграция и оптимизация

Болыт А.С., Болыт П.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Власова А.В.
МГТУ ГА, Москва

В условиях постоянно растущей потребности в перевозках и разнообразия транспортных средств, концепция мультимодальных перевозок становится ключевым элементом для повышения эффективности и удобства пассажирских перевозок. В последние годы происходит стремительный рост цифровых технологий. В 2021 году была утверждена распоряжением Правительства РФ «Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», в которой указано, что одной из долгосрочных целей для развития мультимодальных пассажирских перевозок является цифровая и низкоуглеродная трансформация отрасли, ускоренное внедрение новых технологий [1].

Развитие мультимодальных перевозок на данный период стремительно растет, с рядом множества ограничений для передвижения пассажиров как внутри нашей страны, так и за ее пределами [2].

Внедрение инструментов анализа данных позволят каждому участнику платформы получать персонализированные предложения на основе их предпочтений и потребностей, что повысит удовлетворенность пассажиров и эффективность работы перевозчиков. Продажа единого билета будет осуществляться непосредственно на платформе.

Наличие единого билета – предоставление пассажирам гарантии в случае задержек или отмены одного из рейсов, что позволяет избежать дополнительных затрат, возможность получения пассажирами всей необходимой информации о маршруте в одном месте. Пассажиры могут приобрести один билет на несколько видов транспорта, что упрощает процесс планирования поездки и покупки билетов. Все необходимые стыковки оформляются в одном месте, что минимизирует время покупки билета.

Эффективность мультимодальных перевозок обусловлена возможностью выбора наиболее оптимального маршрута в сочетании с несколькими видами транспорта. Также организация перевозки основывается из предпочтений пассажиров, мультимодальные

перевозки являются более экономичным типом перевозок и адаптируются под путешествие пассажиров исходя из имеющейся инфраструктуры [3].

Наличие единой платформы-агрегатора способствует повышению коммерческой эффективности мультимодальных перевозок, адаптации процесса продажи билетов, возможности развития маршрутной сети, повышению эффективного использования парка транспортных средств.

Эффективная интеграция перевозчиков в единую цифровую платформу способствует не только упрощению процесса планирования маршрутов, но и оптимизации использования ресурсов, развитию транспортной доступности населения.

Единая цифровая платформа-агрегатор позволит упростить механизм взаимодействия между перевозчиками в рамках пассажирских мультимодальных перевозок. Взаимодействие операторов-агрегаторов с перевозчиками и пассажирами позволит создать условия для устойчивого развития мультимодальных перевозок.

Аналитическая обработка спроса на введение новых мультимодальных маршрутов проводится в соответствии с запросами пассажиров. Исходя из этого операторы формируют базу и подают запросы перевозчикам на возможность осуществления ими новых маршрутов. Также стоит учитывать рост туристического потока в РФ. Операторам необходимо проводить анализ туристического потока по регионам РФ, для дальнейшего внедрения этих субъектов на платформу.

Результатом работы является разработка сайта мультимодальных пассажирских перевозок, построение модели взаимодействия цифровой платформы-агрегатора с перевозчиками и пассажирами.

Список используемых источников:

1. О Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 №3363-р.

2. Болът, А. С. Организация пассажирских мультимодальных перевозок в современных условиях / А. С. Болът, П. С. Болът, А. В. Власова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2024. № 11. С. 3-11.

3. Степаненко, А. С. Бесшовная мультимодальность для пассажирских перевозок в Российской Федерации / А. С. Степаненко, А. С. Болът, П. С. Болът // Вестник университета. 2024. № 9. С. 122-133.

Разработка имитационной модели гидравлической системы ЛА с учетом внешних возмущений

Братчиков А.В.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В представленном докладе рассматривается реализация работы гидравлической системы самолета при помощи ПЭВМ. Основным программным модулем выбран Matlab&Simulink, в котором возможно моделирование, как самого воздушного судна, так и его агрегатов и элементов различных систем. В качестве основной библиотеки блоков представлена «Simscare», а именно подгруппа «Hydraulic». Рассматривается как последовательность элементов, так и их внутренние параметры, а также внешние условия. Разработанная имитационная модель позволяет исследовать влияние внешних (окружающая среда, возмущающие воздействия) и внутренних (режим работы гидравлической системы) факторов на динамику движения самолета. Особое внимание уделяется шарнирному моменту на рулевой поверхности, возникающему при её отклонении. Реализация этого процесса происходит посредством применения пружины с изменяемым коэффициентом жесткости. Выходное воздействие с пружины по величине соответствует внешнему воздействию шарнирного момента на рулевой привод. Проведено несколько экспериментов, по результатам которых оценивается адекватность примененных решений в отношении внешнего воздействия на шток силового цилиндра. Рассматривается воздействие шарнирного момента в моменты отклонения рулевой поверхности на заданный угол и при

возвращении в нейтральное положение. Представлена зависимость скорости изменения положения штока гидравлического цилиндра при различных значениях величины силы внешнего воздействия. По результатам исследования сделаны выводы о целесообразности применения программных продуктов при исследовании параметров гидравлической системы ЛА в различных условиях функционирования.

Список используемых источников:

1. Д.В. Верещиков, С.В. Николаев, Д.В. Разуваев. Системы управления летательных аппаратов: Учебник – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. 322 с.
2. Д.В. Верещиков, П.С. Костин, С.С. Ивашков. Системы управления летательных аппаратов. Имитационное моделирование динамики полета летательных аппаратов с использованием Matlab&Simulink: учебное пособие – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2023. 168 с.
3. С.В. Левицкий, Н.А. Свиридов. Динамика полета: учебник для слушателей ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. 527 с.

Использование алгоритма глубокого обучения в задаче извлечения контуров зданий из офф-надир снимков

Брызгин Г.К.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Автоматическое извлечение контуров зданий (АИКЗ) с аэроснимков городских сцен изучается уже десятилетиями и приносит пользу множеству задач геоматике и наблюдению Земли, таких как 3D-моделирование городов, обнаружение изменений зданий и точное городское планирование.

Ранние работы решали проблему АИКЗ, в основном используя структурные и визуальные особенности изображений для характеристики контуров зданий. Однако эффективность этих методов часто ограничивается дискриминационными способностями поверхностных признаков.

Формирование масок оснований зданий является одной из ключевых задач в области компьютерного зрения и геоинформатики. Маски оснований зданий представляют собой бинарные или многоуровневые карты, где каждый пиксель изображения отмечен как принадлежащий зданию или окружающей его территории. Такие карты широко используются в различных областях, включая городское планирование, строительство, мониторинг состояния объектов, создание 3D-карт и управление природными ресурсами.

Офф-надир (off-nadir) — это угол съемки, при котором камера или сенсор направлены не вертикально вниз (надир), а под углом к поверхности земли. Офф-надир съемка позволяет получить больше информации о структуре объектов, но также приводит к искажениям и изменению перспективы.

Автоматическое формирование масок оснований зданий имеет огромное значение в современном мире. Этот процесс позволяет значительно сократить время и затраты на ручную разметку изображений, а также увеличить точность и масштабируемость анализа инфраструктуры населенного пункта или выбранной местности. Автоматизированные методы могут быстро обрабатывать большие объемы данных, что особенно важно в условиях постоянного роста количества спутниковых снимков и аэрофотоснимков, которые помогают отслеживать изменения на местности.

Извлечение контуров зданий с аэроснимков необходимо для точного картографирования городов с помощью фотограмметрических технологий компьютерного зрения. Существующие подходы в основном предполагают, что крыша и контур здания хорошо совпадают, что может не соответствовать действительности на аэроснимках с ненадирным углом съемки, так как между ними часто существует значительное смещение.

Несмотря на трудности, существует большой спрос на извлечение контуров зданий на уровне пикселей с ненадирных изображений, как, например, в задаче SpaceNet 4

(соревнования). Контуры крыши и здания часто совпадают для большинства одиночных зданий в городской среде, однако все так же остаются нерешенными следующие проблемы:

- Геометрические искажения

Объекты на изображениях, снятых под углом, выглядят деформированными. Трудности в определении точных границ объектов.

- Окклюзия

Части объектов могут быть скрытыми за другими объектами или элементами инфраструктуры. Сложность в создании полных масок оснований зданий.

- Изменение перспективы

Объекты на переднем плане кажутся больше, чем на заднем. Необходимость учета перспективных изменений при создании масок

Предлагаемая методика решения: вместо прямого извлечения контуров зданий предлагается решать проблему автоматического извлечения контуров зданий на ненадирных изображениях, одновременно изучая крышу здания на уровне экземпляра и соответствующий вектор смещения к контуру для каждого здания.

К типичным методам сегментации, таким как Mask R-CNN, можно применить offset head в целях предсказания вектора смещения «крыша-контур» для каждого здания. Контур здания затем оценивается путем перевода предсказанных масок крыш в соответствии с предсказанными векторами смещения. Поскольку крыши видны для большинства зданий, а векторы смещения фактически встроены в видимые структуры фасадов, данный метод может достичь лучшей производительности АИКЗ, чем методы, которые напрямую моделируют контуры зданий.

Замечая, что длина вектора смещения «крыша-контур» в основном зависит от высоты здания, в то время как угол вектора смещения чувствителен к углу обзора системы съемки, можно сделать вывод, что этот вектор может плохо сходиться при обучении offset head с ограниченным количеством обучающих выборок смещения.

Проблему АИКЗ следует рассматривать как задачу оценки крыши здания на уровне экземпляра и одновременного предсказания её вектора смещения. Для изучения вектора смещения на уровне экземпляра для каждого здания, введем вектора смещения в рамках сегментации экземпляров сверху вниз.

Для уточнения предсказания вектора смещения и уменьшения влияния шумов, возможна разработка и внедрение отдельного модуля увеличения смещения на уровне признаков.

Предполагаемая модель может решить проблему АИКЗ на офф-надир изображениях путем предсказания крыш и их связанных векторов смещения к контурам зданий с использованием набора данных D. Идея концептуально проста: добавление нового вектора смещения для изучения вектора смещения в рамках сегментации экземпляров сверху вниз, используемую для обучения крыш зданий. Идейно, предлагаемая модель может работать с многими предлагаемыми ранее моделями сегментации.

Список используемых источников:

1. Mask-RCNN-for-Off-Nadir-Building-Detection // GitHub URL: <https://github.com/ashnair1/Mask-RCNN-for-Off-Nadir-Building-Detection> (дата обращения: 10.10.2024).
2. C.Benedek, X. Descombes, J. Zerubia, «Building development monitoring in multitemporal remotely sensed image pairs with stochastic birth-death dynamics», TPAMI, vol. 34, no. 1, pp. 33–50, 2011.
3. J. Mahmud, T. Price, A. Bapat, J.-M. Frahm, «Boundary-aware 3d building reconstruction from a single overhead image», in CVPR, 2020, pp. 441–451.
4. J. Yuan, «Learning building extraction in aerial scenes via convolutional network», TPAMI, vol. 40, no. 11, pp. 2793–2798, 2017.

Апробирование экспериментальных методик для социализации детей с РАС дошкольного возраста с использованием иммерсивных виртуальных сред

Васильева К.С.

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

КФУ, Казань

Расстройство аутистического спектра (РАС) – это нарушение развития, характеризующееся стереотипным поведением и проблемами в коммуникации и социальном взаимодействии. Дети с РАС испытывают трудности в обучении, концентрации, самостоятельности и проявляют узкий круг интересов. Распространённость составляет примерно 1 на 100 детей.

Реабилитация при РАС – комплексный и длительный процесс, требующий индивидуального подхода, терпения и последовательности. Программы включают различные методики, направленные на развитие необходимых навыков, и требуют постоянной корректировки, документирования и тестирования для оценки прогресса.

Виртуальная реальность (VR) становится всё более перспективным инструментом в различных сферах, включая обучение, реабилитацию и терапию. Эта технология создаёт полностью иммерсивную цифровую среду, где пользователь может взаимодействовать с трёхмерным пространством при помощи специальных очков и контроллеров, что обеспечивает высокий уровень вовлеченности и мотивации. В отличие от традиционных методов, VR предлагает безопасное, контролируемое пространство для отработки различных навыков в увлекательной форме, что особенно важно при работе с детьми.

Применение VR в терапии социальных тревожных расстройств (SAD) реализуется через метод Virtual Reality Exposure Therapy (VRET). Исследования [1] показывают, что VRET демонстрирует сопоставимую краткосрочную эффективность с традиционной экспозицией, однако её долгосрочный эффект снижается из-за однообразия виртуальных сценариев, что приводит к привыканию к искусственной среде. При этом низкая стоимость и адаптивность VR делают её перспективной для клинического применения.

Сравнительный анализ реализованных решений проблемы терапии SAD в VR показывает, что не у всех приложений есть возможность увидеть прогресс в обучении ребенка и возможность управлять обучающей средой. При этом, данные приложения не рассчитаны для пользователей младше 8 лет и не предлагает автоматическую генерацию отчета при освоении навыка.

Цель разработки VR-приложения – создание среды, позволяющей гибко адаптировать сценарии под индивидуальные потребности каждого ребёнка, а также собирать статистические данные для оценки эффективности терапии.

Основным инструментом для создания приложения выбрана среда разработки Unity. 3D-модели и анимации созданы в программах ZBrush, Autodesk Maya, Substance 3D Painter. Приложение было протестировано на гарнитуре VR Pico 4.

Разработана масштабируемая система сценариев, направленная на формирование и закрепление конкретного навыка на основе необходимых для выполнения внутриигровых цепочек действий. Также для сценария можно определять наполнение уровня, которое автоматически меняется при запуске.

Использование контроллеров повышает порог входа для использования приложений в виртуальной реальности. Для упрощенного проведения терапии выбран способ перемещения по виртуальной сцене без использования контроллеров на основе определения жестов рук камерами и датчиками VR шлема.

Виртуальный помощник сопровождает ребёнка в процессе прохождения сценариев: он демонстрирует жесты для обучения коммуникационным навыкам, перемещается по виртуальному пространству, взаимодействует с предметами и следит за безопасностью пользователя. Благодаря взаимодействию «клиент-сервер» между VR-гарнитурой и ПК, специалисты могут выбирать сценарии, запускать анимации, фиксировать результаты, настраивать параметры и наблюдать за действиями ребёнка «от первого лица».

Для проведения обучения пользователей социальным навыкам и получения информации об эффективности терапии был реализован алгоритм автоматической генерации отчета,

который базируется на CARS [2] – рейтинговой шкале аутизма у детей. Важным аспектом такого подхода является регулярный мониторинг изменений в ключевых показателях: время реакции, точность выполнения заданий, количество попыток и т.д. По завершении сеанса возможно сохранение отчёта и карты маршрута пользователя в виртуальном мире.

Для получения контрольных значений были выбраны три ребёнка в возрасте 4–6 лет, параметры которых помогут выявить изменения в когнитивных и поведенческих характеристиках детей с РАС и оценить эффективность VR-терапии.

Дальнейшее развитие проекта будет направлено на расширение функциональности с учетом обратной связи от специалистов, совершенствование алгоритмов адаптации под индивидуальные особенности пользователя и проведение масштабных клинических исследований для валидации эффективности методики.

Алгоритмы и методики, разработанные для социализации детей с РАС, могут быть адаптированы для использования в тренировках будущих сотрудников авиационных и космонавтических учреждений. Это позволит им развить навыки командного взаимодействия и решения сложных задач в условиях стресса и неопределенности.

Список используемых источников:

1. Видхуша С., Дивья Б., Кавита А., Висват Нараянан Р., Яамини Д. Когнитивное внимание при аутизме с помощью инструмента обучения виртуальной реальности // Национальная конференция по когнитивной информатике и когнитивным вычислениям, Милан, Италия // 2019. <https://doi.org/10.1109/ICCICC46617.2019.9146086>.

2. Шоплер Э., Райхье Р. Дж. К объективной классификации детского аутизма: Детская шкала оценки аутизма (CARS) // 1980. <https://doi.org/10.1007/bf02408436>.

Учет неопределенности данных об интенсивностях отказов при оценке надежности радиоэлектронных систем на этапах проектирования

Веретенников К.И., Марков А.А., Шафир Р.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Тимошенко А.В.
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Одним из важнейших вопросов, который необходимо решить при проектировании сложной радиоэлектронной системы, является обеспечение необходимого уровня надежности как всей системы, так и каждой из ее подсистем. Это позволит, во-первых, обеспечить бесперебойное, непрерывное функционирование системы с выполнением всех требуемых задач назначения, во-вторых, сократить расходы на ремонт радиоэлектронной аппаратуры при эксплуатации.

В этой связи, задача оценки надежности радиоэлектронной системы должна решаться уже с самого начала ее проектирования с целью своевременного выявления наименее надежных подсистем и разработки способов повышения их надежности.

Основной проблемой при оценке надежности сложных радиоэлектронных систем является неопределенность исходных данных по показателям надежности их составных частей. В частности, при проектировании, как правило, неизвестны значения средних наработок элементов системы до отказа, а также конкретный закон распределения средней наработки до отказа (экспоненциальный, гауссов и т.д.).

Вопросам оценки надежности сложных технических систем посвящены классические работы [1-3]. Из современных научных работ стоит выделить следующие работу [4]. В подавляющем большинстве случаев при оценке надежности полагают, что наработка каждого из элементов рассматриваемой системы имеет экспоненциальное распределение. Однако стоит отметить, что в некоторых случаях использование других распределений, таких как распределение Рэлея, Вейбулла или Гаусса, может быть более обоснованным, поскольку они позволяют более гибко учитывать различные аспекты поведения системы в процессе её эксплуатации.

В докладе представлена оригинальная формализация задачи оценки показателей надежности радиоэлектронных систем в процессе их проектирования с учетом неопределенности исходных данных по интенсивностям отказов элементов системы.

Разработана структурная схема программной среды, которая в реальном времени позволит анализировать структурные схемы надежности любой сложности, а также производить расчет показателей надежности при возможности выбора пользователем различных видов распределений средней наработки элементов до отказа.

В докладе приведены результаты демонстрационных вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность разработанной программной среды.

Список используемых источников:

1. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности : основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев ; Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – Изд. 2-е, испр. и доп.. – Москва : ЛИБРОКОМ, 2012. – 582 с. – (Физико-математическое наследие : математика (теория вероятностей)).
2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург; 2008.
3. Половко, А. М. Основы теории надежности : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 230100 (654600) «Информатика и вычисл. Техника» / А. М. Половко, С. В. Гуров ; А. М. Половко, С. В. Гуров. – Изд. 2-е, перераб. и доп.. – Москва : БХВ-Петербург, 2006. – 702 с.
4. Гельфман Т.Э., Пирхавка А.П. Коэффициент оперативной готовности спутниковых сетей связи. Russ. Technol. J.

Разработка интернет-сервиса планирования и управления личным временем Верхотурова И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.
МАИ, Москва

В авиационно-космической сфере каждая минута на вес золота. Подготовка к полетам, координация команд, анализ данных — все это требует четкого планирования и безупречной организации. Ошибки в расписании, забытые задачи или потерянные данные могут обернуться серьезными последствиями. Однако традиционные способы управления временем, такие как бумажные ежедневники или стандартные цифровые календари, не всегда соответствуют высокому темпу работы. Они требуют ручного контроля, не учитывают внезапные изменения в графике и не адаптируются под динамику аэрокосмической индустрии. В итоге специалисты вынуждены лавировать между задачами, рискуя упустить что-то важное и испытывая постоянное напряжение.

Для решения этой проблемы в рамках работы был разработан веб-сервис, ориентированный на специалистов авиационно-космической отрасли и других сфер с высокими требованиями к планированию. Он помогает пользователям эффективно управлять временем, контролировать выполнение задач и формировать продуктивные рабочие привычки. В отличие от большинства существующих решений, сервис объединяет несколько ключевых инструментов, которые обеспечивают гибкость планирования и адаптацию к изменяющимся условиям работы.

Разрабатываемый веб-сервис представляет собой платформу для интеллектуального управления задачами. Он включает динамическую систему организации времени, которая автоматически корректирует расписание с учетом приоритетов, срочности и внешних факторов. Это особенно актуально для авиации и космонавтики, где задержки или ошибки в планировании могут привести к серьезным последствиям. Встроенная аналитика позволяет отслеживать эффективность выполнения задач, анализировать временные затраты и предлагать рекомендации по повышению продуктивности.

Интерфейс сервиса включает календарь для планирования полетов, технического обслуживания и других мероприятий, канбан-доску для управления рабочими процессами, а также блокнот для хранения заметок и критически важных данных. Трекер привычек помогает специалистам контролировать выполнение регулярных задач, таких как подготовка отчетов или проверка оборудования. Метод «Помодоро» обеспечивает поддержку концентрации в условиях высокой нагрузки. Список дел позволяет фиксировать задачи с

дедлайнами и подзадачами, а интеграция с Google Calendar, Trello и Notion делает возможным централизованное управление проектами и миссиями.

Разработка сервиса ведется с использованием Python, что обеспечивает высокую производительность и возможность работы с большими объемами данных, характерными для аэрокосмической сферы. В качестве базы данных выбрана PostgreSQL, что гарантирует надежное хранение информации. Фронтенд создается на React.js для удобного и динамичного интерфейса, а взаимодействие между фронтендом и бэкендом происходит через REST API, что позволяет интегрировать сервис с мобильными приложениями и внешними системами, включая системы мониторинга космических полетов.

Практическая значимость работы заключается в создании эффективного инструмента для специалистов авиационно-космической отрасли, который помогает повысить продуктивность, снизить уровень стресса и выстроить надежную систему управления задачами. В ходе работы было проведено тестирование сервиса, анализ его удобства и оценка эффективности в реальных сценариях, связанных с управлением сложными проектами, планированием миссий и координацией работы команд.

Список используемых источников:

1. Александрова, Е. В. Управление личным временем: технологии и инструменты эффективного тайм-менеджмента [Текст] / Е. В. Александрова. — М.: Юрайт, 2020. — 215 с.
2. Мисак, С. Проектирование интерфейсов. Как разработать удобный и успешный дизайн [Текст] / С. Мисак. — М.: Альпина Пабlisher, 2021. — 304 с.
3. Назаров, А. А., Смирнов, И. В. Разработка и внедрение интернет-сервисов: от идеи до реализации [Текст] / А. А. Назаров, И. В. Смирнов. — СПб.: Питер, 2021. — 352 с.

Анализ интерфейса системы моделирования бизнес-процессов на основе концепции low-code

Войнов В.Д., Макаров В.А.

Научный руководитель — Воронин П.А.
МАИ, Москва

Современные предприятия стремятся к автоматизации и оптимизации своих бизнес-процессов (БП), что требует эффективных инструментов моделирования. Классические системы моделирования БП предполагают использование сложных нотаций и требуют от пользователей значительных знаний в области программирования. Это создает барьеры для специалистов, не обладающих ИТ-компетенциями, но участвующих в проектировании бизнес-процессов.

Одним из решений данной проблемы является применение low-code подхода. Low-code платформы позволяют пользователям проектировать БП через визуальный интерфейс с минимальным объемом программирования. Это существенно упрощает разработку и внедрение процессов, снижает затраты времени и ресурсов на их поддержку.

Для оценки эффективности использования low-code в моделировании БП необходимо проанализировать существующие системы, выявить их преимущества и недостатки, а также сформулировать ключевые требования к интерфейсу такой системы.

На сегодняшний день существуют различные платформы для моделирования БП, такие как Bizagi Process Modeler, AnyLogic, Lucidchart, Business Studio, ARIS и другие. Они отличаются функциональными возможностями, стоимостью, доступностью и гибкостью интеграции с другими системами.

В ходе анализа были выделены следующие критерии, наиболее значимые для оценки систем моделирования БП:

- Графический редактор процессов
- Автоматическая проверка корректности данных
- Гибкость в настройке логики
- Интеграция с внешними системами
- Генерация документов
- Удобство интерфейса

Также в ходе анализа было выявлено, что традиционные BPM-системы, такие как Bizagi Process Modeler и ARIS, обладают широким функционалом, но сложны в освоении для пользователей без технического образования. В то же время low-code платформы, например, OutSystems, Mendix, Appian, предлагают удобный интерфейс, но ограничены в возможностях глубокой настройки логики процессов.

С учетом анализа сформулированы основные требования к интерфейсу разрабатываемой low-code системы моделирования БП:

1. Визуальный редактор – поддержка drag-and-drop интерфейса для удобного проектирования процессов.
2. Автоматическая валидация данных – контроль корректности типов и соответствия параметров между элементами процесса.
3. Гибкая логика – возможность задания условий и зависимостей между шагами БП.
4. Интеграция с внешними сервисами – подключение к CAD, CAM, CAE, ERP, CRM, PDM.
5. Генерация документов - создание отчетов и других документов по процессу.
6. Удобство использования - адаптивный интерфейс, обеспечивающий простоту работы.

Low-code подход позволяет значительно упростить процесс моделирования БП, делая его доступным для широкого круга специалистов. Проведенный анализ показал, что существующие BPM-системы обладают как сильными сторонами, так и ограничениями, связанными со сложностью использования или недостаточной гибкостью. Разработка интерфейса low-code системы с учетом выявленных требований позволит повысить скорость и удобство проектирования БП, а также снизить зависимость от технических специалистов при внедрении изменений.

Список используемых источников:

1. Глухова Т. В., Данилова П. А. Современные тенденции разработки информационных систем: концепция low-code // Журнал Мордовского государственного университета. — 2023. — №4.
2. Александров Д. В. Моделирование и анализ бизнес-процессов: учебник. — Москва: Издательство Высшей школы экономики, 2021.
3. Alvarez T. BPMN 2.0: Introduction to the Standard for Business Process Modeling. — Berlin: Springer, 2019.

Разработка дизайна информационного ресурса кафедры

Голайдо П.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Современные информационные ресурсы кафедр играют важную роль в обеспечении эффективного взаимодействия между сотрудниками, студентами и внешними заинтересованными сторонами. Однако зачастую такие ресурсы страдают от устаревшего дизайна, низкой функциональности и неудобства использования. В данном исследовании рассматривается вопрос модернизации дизайна информационного ресурса кафедры с целью повышения его удобства, современности и соответствия актуальным требованиям веб-разработки.

Актуальность работы:

1. Повышение имиджа кафедры: современный и удобный веб-сайт способствует формированию позитивного имиджа кафедры среди студентов, преподавателей, работодателей и партнеров. Это особенно важно в условиях растущей конкуренции между образовательными учреждениями.
2. Улучшение взаимодействия с пользователями: удобный и интуитивно понятный интерфейс облегчает доступ к необходимой информации для всех категорий пользователей, будь то студенты, преподаватели или внешние посетители. Это повышает общую удовлетворенность и улучшает коммуникацию.
3. Поддержание открытости и прозрачности: сайт кафедры служит информационным окном, позволяющим внешним пользователям узнавать о деятельности кафедры, её учебных

программах, научных исследованиях и мероприятиях. Это способствует увеличению доверия и интереса к кафедре.

4. Оптимизация процессов управления информацией: хорошо спроектированный сайт облегчает управление контентом, позволяя быстро вносить изменения и обновления, что делает процесс администрирования более эффективным.

5. Информативность и доступность: удобный дизайн помогает структурировать информацию таким образом, чтобы она была легко доступной и понятной для широкой аудитории, включая потенциальных студентов и партнёров.

6. Интерактивность и вовлечённость: интерактивные элементы, такие как форумы, опросы и формы обратной связи, позволяют вовлекать пользователей в жизнь кафедры, стимулируя активное участие и обратную связь.

Целью настоящей работы является создание нового, современного и удобного дизайна информационного ресурса кафедры, обеспечивающего легкость навигации, доступность информации и улучшение взаимодействия с пользователями. Для достижения этой цели были определены следующие задачи:

1. Провести анализ текущего состояния дизайна информационного ресурса кафедры, выявив ключевые проблемы и недостатки.

2. Провести интервью с пользователями (студентами, преподавателями) для выявления их ожиданий и предпочтений относительно дизайна и функционала сайта.

3. Определить современные тенденции в веб-дизайне и адаптировать их к потребностям образовательного учреждения.

4. Разработать концепцию нового дизайна, включающую эргономичные элементы интерфейса, адаптивный дизайн и интуитивную навигацию.

5. Реализовать прототип нового дизайна и провести тестирование его удобства и эффективности среди участников интервью.

6. Оценить результаты тестирования и внести необходимые коррективы в финальную версию дизайна.

Методы исследования

Для выполнения поставленных задач использовались следующие методы:

о Качественный и количественный анализ текущего дизайна информационного ресурса кафедры.

о Интервью с пользователями (студенты, преподаватели), направленные на выявление их ожиданий и предпочтений касательно дизайна и функционала сайта.

о Применение принципов юзабилити и эргономики при разработке концепции нового дизайна.

о Прототипирование и тестирование новых дизайнерских решений с участием пользователей.

Список используемых источников:

1. Бринкерхофф Д. Основы веб-дизайна: руководство по созданию визуального контента. — М.: Вильямс, 2020. — 320 с. Доступно на сайте издательства: ссылка.] ([//example.com/bibliography/web-design-basics](http://example.com/bibliography/web-design-basics).) Дата обращения: 15.02.2025.

2. Купер А., Рейманн Р., Кронин Д. Об интерфейсе: Основы проектирования взаимодействия. — СПб.: Символ-Плюс, 2019. — 688 с. Электронная версия доступна на платформе ЛитРес: ссылка.] ([//example.com/litres/interface-book](http://example.com/litres/interface-book).) Дата обращения: 20.02.2025.

Моделирование обзорной радиолокационной станции для решения задачи оценки достоверности траекторной информации

Гуреева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Современные зенитные ракетные комплексы (ЗРК) представляют собой сложные распределенные технические системы, включающие пункт боевого управления (ПБУ),

многофункциональные радиолокаторы (МФР) и пусковые установки (ПУ). Важным элементом таких систем является обзорная радиолокационная станция (РЛС), которая используется в качестве дополнительного источника информации для повышения эффективности работы ЗРК. Данные от обзорной РЛС применяются в ПБУ для решения ключевых задач, таких как оценка текущей воздушной обстановки, формирование целеуказаний для МФР и координатная поддержка МФР. Однако эффективность решения этих задач напрямую зависит от достоверности информации о целях, поступающей от обзорной РЛС. При этом каждая из задач требует различного уровня достоверности данных. В настоящее время обзорные РЛС зачастую не оценивают достоверность предоставляемой информации, что делает необходимым проведение такой оценки на уровне ПБУ.

Одной из основных проблем, связанных с использованием обзорных РЛС, является отсутствие встроенных механизмов оценки достоверности информации о целях. Это приводит к необходимости решения данной задачи на стороне ПБУ. Достоверность информации о конкретной цели изменяется в процессе её сопровождения. На начальном этапе, при первом обнаружении, уровень достоверности минимален и увеличивается при устойчивом сопровождении. Однако в случае потери устойчивости сопровождения (например, при пропусках данных, срывах сопровождения или сопровождении по ложным отметкам) достоверность информации резко снижается. Оценка достоверности в таких условиях требует сложных алгоритмических подходов, основанных на анализе траектории движения цели, а также аномальных значений первой и второй производных координат. Эти методы позволяют выявлять отклонения от ожидаемой траектории и оценивать вероятность ошибок в данных.

Для подготовки данных, необходимых для разработки алгоритма оценки достоверности траекторной информации, была создана программа, моделирующая работу РЛС. Программа формирует два типа данных: истинные значения координат воздушных объектов и измеряемые РЛС значения координат (дальность, азимут и угол места). Истинные траектории – это заранее заданные или рассчитанные пути движения целей, которые используются как исходные данные для получения измерений РЛС. Истинные траектории создаются с учётом различных типов движения воздушных объектов, таких как прямолинейное движение и развороты.

Для повышения реалистичности модели вводятся такие факторы, характерные для реальных условий работы: пропуски данных, срывы сопровождения и ложные отметки. Пропуски данных имитируют ситуацию, когда РЛС временно теряет цель из-за помех, технических сбоев или других причин. Срыв сопровождения моделируется при длительных пропусках данных или значительном отклонении от траектории. Ложные отметки генерируются с заданной частотой и распределением в пространстве, что позволяет исследовать влияние помех на работу системы.

Практическое применение модели включает тестирование на различных сценариях движения воздушных объектов, что позволяет оценить её соответствие реальным условиям и точность получаемых данных. Результаты моделирования сравниваются с реальными данными радиолокационных наблюдений для проверки корректности работы модели. Таким образом, разработанная программа будет готовить данные, такие как измерения РЛС и истинные траектории, которые являются основой для разработки алгоритма оценки достоверности траекторной информации. Эти данные позволяют смоделировать различные ситуации, такие как штатное сопровождение, сопровождение с пропусками и появление ложных отметок.

Список используемых источников:

1. Радиолокационные системы : учеб. / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 400 с.
2. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

Математическая модель беспилотного летательного аппарата нормальной аэродинамической схемы для использования при проведении лабораторных работ на мобильном пилотажном стенде

Денисов А.А., Самойлова К.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Настоящая работа посвящена разработке и анализу математической модели полёта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) нормальной аэродинамической схемы. Основной целью данной работы является интеграция разработанной математической модели в мобильный пилотажный комплекс (МПК) [1], что позволит использовать её в образовательных и исследовательских целях, в частности, для проведения лабораторных работ по дисциплинам, связанным с изучением динамики полёта, систем управления летательных аппаратов и других аспектов аэрокосмической техники.

Моделируется БПЛА нормальной аэродинамической схемы. Для описания аэродинамических характеристик аппарата используется нестационарная модель, которая была разработана на базе программы расчёта аэродинамических характеристик (АДХ) с использованием 3D-модели летательного аппарата «XLFR5». Эта модель позволяет учитывать временные изменения аэродинамических параметров и обеспечивает более точное воспроизведение реальных условий полёта.

Кроме того, в работе применяется математическая модель силовой установки, основанная на ранее разработанной модели малоразмерного одноконтурного газотурбинного двигателя [2]. Эта модель описывает работу малоразмерного газотурбинного двигателя, что является ключевым элементом для обеспечения реалистичного моделирования полёта.

Для управления угловым движением БПЛА в предложенной модели используются классические ПИД регуляторы, которые обеспечивают стабильное и надёжное управление аппаратом в различных режимах полёта.

Результаты расчётов математического моделирования БПЛА совместно с мат. моделью малоразмерного газотурбинного двигателя показали, что разработанная модель обладает высокой степенью адекватности и соответствует реальным условиям эксплуатации [3]. Дальнейшее использование результатов данной работы планируется в создании методических материалов для мобильного пилотажного стенда (МПС). Кроме того, использование квазиоптимальной информационно-управляющей системы с использованием нейросетевого двойника, откроет новые возможности для более точного и адаптивного управления беспилотными летательными аппаратами в условиях неопределённости и изменяющихся внешних воздействий. Полученные данные будут полезны при разработке.

Список используемых источников:

1. Денисов А.А., Кондрашов Ю.В., Лунева Е.А. Разработка рабочего места инструктора для мобильного пилотажного стенда//Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения-2023» «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» М: Издательство «Перо», 2023. — 7,71 Мб. [Электронное издание]. ISBN 978-5-00218-350-0.
2. Антонов И.М., Лунева Е.А., Муксеев Р.Н. Поузловая всережимная математическая модель МГТД для малоразмерного пилотажного стенда//Материалы VIII всероссийской молодежной научно-практической конференции Ступинский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» М : ИНФРА-М, 2023. - 213 с. : ил. ISBN 978-5-16-019110-2.

Оценка влияния предварительной валидации форм на клиентской стороне приложения на эффективность использования вычислительных ресурсов сервера

Донецкая А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

В процессе использования сервисов электронного документооборота пользователи регулярно заполняют сложные формы, содержащие множество полей, которые должны соответствовать строгим правилам валидации. Серверная часть приложения традиционно отвечает за проверку корректности данных, что создает значительную нагрузку на сервер, особенно при большом количестве одновременных запросов. Одним из эффективных подходов по повышению производительности является делегирование части задач по валидации данных клиентской стороне приложения, что позволяет сократить количество запросов к серверу и ускорить процесс обработки данных.

Валидация на стороне клиента представляет собой первичную проверку введенных данных непосредственно в интерфейсе пользователя [1]. Такой подход значительно улучшает удобство взаимодействия с приложением, так как пользователь получает мгновенную обратную связь о некорректно заполненных полях. Это позволяет исправить ошибки до отправки данных на сервер, что сокращает количество повторных запросов и уменьшает время, затрачиваемое на заполнение формы. Если же валидация осуществляется только на сервере, пользователь вынужден дожидаться ответа от сервера, что может привести к многократному повторению одних и тех же действий и, как следствие, увеличению вычислительной нагрузки. Таким образом, клиентская валидация не только повышает удобство для пользователя, но и способствует эффективному использованию ресурсов сервера.

В работе рассмотрена реализация функционала валидации данных на стороне клиента в качестве расширения модуля шаблонизатора. Клиентские проверки выполняются непосредственно в браузере и включают в себя базовую валидацию, такую как проверка формата данных, обязательных полей и простых логических условий. Это позволяет разгрузить сервер, сократив количество запросов на валидацию. Однако серверные проверки остаются необходимыми для подтверждения корректности данных и предотвращения злонамеренных действий, так как клиентский код может быть изменен или обойден. Сервер также выполняет кроссдокументные проверки, которые требуют доступа к полному массиву данных и не могут быть выполнены на клиенте. Таким образом, сервер отвечает за обеспечение доверия и безопасности [2], а клиент – за локальные проверки и вычисления, что позволяет достичь баланса между производительностью и надежностью.

По итогу реализации функционала валидации на клиентской стороне приложения была проведена оценка нагрузки на серверную часть. Анализ показал значительное снижение количества запросов к серверу, что привело к уменьшению вычислительной нагрузки на сервер и повышению общей производительности системы. Внедрение клиентской валидации показало свою эффективность как с точки зрения уменьшения серверной нагрузки, так и с точки зрения улучшения пользовательского опыта.

Список используемых источников:

1. Москвина Е. А. Валидация форм клиентской части web-приложения на языке программирования JavaScript // Цифровизация и кибербезопасность: современная теория и практика : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Омск, 30 сентября – 01 октября 2021 года. — Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. — С. 197-201.

2. Sadqi Y., Maleh Y. A systematic review and taxonomy of web applications threats. Information Security Journal: A Global Perspective. — 2022. — Vol. 31, No. 1. — P. 1-27.

Разработка пользовательского интерфейса для записи на научные конференции

Дрянова Е.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Современные технологии значительно упрощают процессы взаимодействия пользователей с онлайн-системами. Однако во многих вузах до сих пор используются устаревшие интерфейсы, затрудняющие выполнение рутинных задач. Одним из таких примеров является система записи на научные конференции. В настоящее время этот процесс сопровождается рядом сложностей: избыточное количество полей для заполнения, неудобная навигация, отсутствие корректной валидации данных. Это снижает удобство использования системы, увеличивает вероятность ошибок и усложняет работу организаторов. В данной работе предлагается модернизация интерфейса записи на конференции, направленная на повышение удобства, доступности и эффективности использования системы.

Конференции в сфере авиации и космонавтики играют важную роль в развитии отрасли, объединяя исследователей, инженеров и студентов. Это отрасль, в которой важно делиться актуальными знаниями. Ежегодно в конференциях участвует около 200 человек из разных институтов, что делает процесс регистрации масштабным и требующим эффективного инструмента управления. В данных условиях важно отразить инновационность института, особенно в быстроразвивающейся сфере. Это способствует увеличению доверия и интереса к Московскому авиационному институту.

В настоящее время существующая система записи имеет ряд существенных недостатков, связанных с устаревшим интерфейсом. Пользователи сталкиваются с перегруженными формами, нелогичной структурой и отсутствием инструментов автоматической проверки данных. Из-за неудобного интерфейса участники часто совершают ошибки при регистрации, а их исправление полностью ложится на администратора. Это не только увеличивает нагрузку на организаторов, но и замедляет процесс обработки заявок, снижая общую эффективность системы. В результате возрастает вероятность потери данных, участники испытывают неудобства, а организаторы тратят значительное время на исправление ошибок. Улучшение интерфейса позволит оптимизировать процесс регистрации, повысить удобство использования и сократить количество ошибок.

Цель — разработка и внедрение современного, удобного и функционального интерфейса для записи на научные конференции в вузе.

Задачи:

1. Провести анализ текущего интерфейса, выявить основные проблемы и неудобства.
2. Провести интервью со студентами для выявления проблемных зон и их устранения.
3. Проанализировать современные решения в области записи на научные конференции.
4. Разработать новый макет формы регистрации с учетом принципов UX/UI-дизайна.
5. Реализовать механизм валидации данных для предотвращения ошибок при заполнении.
6. Внедрить возможность самостоятельного редактирования заявки участником в случае ошибки.
7. Обеспечить адаптивность интерфейса для удобного использования на различных устройствах.
8. Гарантировать соответствие интерфейса актуальным требованиям веб-разработки.
9. Провести тестирование нового интерфейса с участием пользователей и внести необходимые корректировки.
10. Внедрить обновленный интерфейс в систему регистрации и оценить его эффективность.

Обновление интерфейса системы записи на конференцию принесёт значительные преимущества как для участников, так и для организаторов. Улучшенная навигация и оптимизированные формы позволят сократить время на регистрацию, снизить количество ошибок и повысить удобство использования. Интуитивно понятный и эстетически

привлекательный интерфейс создаст положительное первое впечатление о мероприятии и повысит удовлетворённость пользователей, а также увеличит доверие и интерес к Московскому Авиационному Институту, как к одному из лидеров образования в авиационно-космической сфере.

Автоматизация проверки данных и возможность самостоятельного редактирования заявок избавят администраторов от лишней работы, минимизируют вероятность ошибок и ускорят процесс регистрации. Соответствие современным стандартам веб-разработки обеспечит стабильность работы системы на различных устройствах. В результате модернизация системы регистрации повысит её эффективность, снизит нагрузку на организаторов и улучшит общий опыт пользователей, способствуя более успешному проведению научных мероприятий.

Список используемых источников:

1. Норман Д. Дизайн привычных вещей. — М.: МИФ, 2020. — 320 с.
2. Круг С. Не заставляйте меня думать! Веб-юзабилити и здравый смысл. — СПб.: Символ-Плюс, 2021. — 216 с.
3. Гаррет Дж. Дж. Элементы опыта взаимодействия: пользовательский интерфейс в веб-дизайне. — СПб.: Питер, 2011. — 432 с.
4. Яблонски Дж. Законы UX. — М.: Питер, 2022. — 288 с.
5. NN Group. [Электронный ресурс]. Доступ: <https://www.nngroup.com>

Разработка веб-приложения для управления проектами в САПР

Евтеев Д.М., Захаров Я.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семенов Г.Е.

МАИ, Москва

Цифровой двойник как инструмент оптимизации инженерных процессов

Платформа реализует цифровой двойник предприятия, синхронизирующий физические и виртуальные процессы. Это позволяет автоматизировать рабочие процессы (workflow) и сократить время на согласование инженерной документации. По предварительным оценкам, сокращение может составлять до 40%, однако точные показатели зависят от специфики внедрения и структуры предприятия.

Интеграция структурированного хранения конструкторской документации (КД)

Поддержка форматов STEP, DWG и PDF обеспечивается через облачное хранилище MinIO. Конвертация файлов в веб-совместимые форматы (glTF для 3D-моделей, PDF.js для документов) позволяет организовать кроссплатформенный доступ. При этом конвертация CAD-файлов в glTF может сопровождаться минимальной потерей данных (например, метаданных или точности геометрии), что допустимо для целей предварительного просмотра.

Динамическая система ролевой модели и бизнес-процессов

Использование BPMN-движка Camunda и веб-интерфейса обеспечивает гибкую настройку процессов согласования под задачи предприятия. Это минимизирует влияние человеческого фактора и повышает эффективность управления.

Архитектура на основе микросервисов и REST API

Разделение функциональности на независимые сервисы (Auth, Document, Workflow) гарантируют масштабируемость и отказоустойчивость. API Gateway (Kong) упрощает интеграцию платформы с внешними системами.

Реализация 3D-визуализации в веб-интерфейсе

Применение библиотеки Three.js и серверной конвертации STEP/DWG в glTF позволяет осуществлять интерактивный просмотр 3D-моделей непосредственно в браузере, снижая зависимость от специализированного ПО.

Список используемых источников:

1. Бодуч, А. React и Redux. Создание современных веб-приложений / А. Бодуч. — СПб.: Питер, 2017. — 416 с.
2. Гамаюнов Д.Ю. Цифровые двойники в промышленности: методы и практика // Информационные технологии. 2021. № 5. С. 34–41.

3. Иванов А.А. BPMN 2.0: моделирование бизнес-процессов / А.А. Иванов. — М.: Лань, 2020. — 176 с.
4. Ричардсон К. Микросервисы: создание масштабируемых распределённых систем / К. Ричардсон. — СПб.: Питер, 2019. — 432 с.

Разработка мобильного приложения для управления мероприятиями

Еремеев П.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

В современном мире организация и проведение мероприятий, в том числе авиационно-космической тематики (конференции, выставки, собрания), требуют тщательного планирования, координации, оптимизации использования ресурсов и интеграции современных информационных технологий. Бизнес-процессы, включающие планирование, регистрацию посетителей, проведение мероприятия, сбор обратной связи и анализ результатов, позволяют рационально использовать финансовые, материальные и человеческие ресурсы, оптимизировать затраты и выявлять направления для дальнейших улучшений.

На этапе планирования определяются цели, задачи, бюджет, сроки, количество участников и выбор места проведения, а также рассчитывается стоимость билетов при необходимости. Этап приглашения и регистрации предусматривает разработку стратегии привлечения участников: регистрация может быть открытой для всех или проводиться по приглашению для определённой аудитории. Во время проведения мероприятия организаторы собирают подробную информацию посредством различных методов обратной связи, что позволяет получить полное представление о качестве организации. [1]

Традиционные методы организации требуют затрат дополнительных ресурсов на продвижение мероприятия для привлечения большего числа посетителей с целью решения проблемы ограниченного охвата целевой аудитории. Кроме того, неэффективный сбор информации (например, с использованием бумажных анкет) и сложности обработки большого объёма данных снижают общую эффективность организации. Эти проблемы могут быть решены посредством мобильных приложений, которые расширяют охват аудитории за счёт удобной афиши мероприятий и возможностей поиска по параметрам (тематика, время, место проведения), а также обеспечивают сбор обратной связи в удобное для посетителей время, позволяя организаторам оперативно анализировать и визуализировать данные для принятия управленческих решений.

Существующие популярные мобильные решения обладают рядом преимуществ, таких как удобство для пользователей, расширенный функционал поиска и интеграция дополнительных сервисов. Интуитивно понятные интерфейсы, гибкие фильтры поиска и возможность сохранения избранных мероприятий делают использование приложений удобным для пользователей. Наличие инструментов для фильтрации по различным параметрам, таких как дата, стоимость, тематика и другие, позволяет быстро находить подходящие события. Возможность просмотра маршрутов и получения напоминаний о предстоящих мероприятиях также повышает удобство использования.

Однако, несмотря на ряд преимуществ, существующие решения имеют и некоторые недостатки: ограниченность функционала для организаторов, недостаточная обратная связь. В настоящее время не существует комплексного набора инструментов, который позволил бы эффективно размещать мероприятия, управлять ими и анализировать статистику. Это затрудняет оценку эффективности проводимых событий. Многие приложения не предоставляют возможности оставлять развёрнутые отзывы, что ограничивает возможности анализа сильных и слабых сторон организации.

Комплексное решение на базе мобильного приложения, разработанного на языке Kotlin, позволит оптимизировать процессы организации событий авиационно-космической тематики и не только, устранить слабые стороны существующих решений и повысить эффективность за счёт расширенного функционала для как посетителей, так и организаторов мероприятий.

Список используемых источников:

1. Event Management Business Process [Электронный ресурс]. URL: https://docs.oracle.com/cd/E58407_01/crm92pbr5/eng/crm/cevm/concept_EventManagementBusinessProcess-867fda.html#topofpage (дата обращения: 16.01.2025).
2. Рекомендации по архитектуре Android | App Architecture | Android Developers [Электронный ресурс] <https://developer.android.com/topic/architecture/recommendations?hl=ru> (дата обращения: 13.01.2025).
3. Скин Джош, Гринхол Дэвид. Kotlin. Программирование для профессионалов. : Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2020. — 464 с.

Разработка системы мониторинга промышленного оборудования и предсказания сбоев на основе машинного обучения

Забабурин В.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Современная промышленность, связанная с концепцией Индустрии 4.0, активно использует цифровые технологии для повышения эффективности. Одной из главных задач в этой области является обеспечение стабильной работы оборудования. Внезапные поломки приводят к остановке производства, что влечёт значительные убытки и снижает конкурентоспособность предприятий. Поэтому разработка интеллектуальных систем, способных отслеживать состояние техники и предугадывать возможные сбои, становится особенно актуальной.

Тема данного проекта заключается в создании системы мониторинга, которая объединяет сбор данных с промышленных объектов и их анализ с применением методов машинного обучения. Целью является выявление отклонений в работе механизмов на ранних стадиях, что помогает снизить вероятность аварий и сделать обслуживание более эффективным. В отличие от традиционных подходов, основанных на регулярных проверках, здесь предлагается предиктивная модель, предполагающая вмешательство только при выявлении реальных угроз.

Система будет обрабатывать данные с датчиков в реальном времени, учитывая условия эксплуатации и анализировать архивную информацию о прошлых сбоях. Использование машинного обучения позволит находить неочевидные закономерности в поведении оборудования. Например, можно будет фиксировать первые признаки износа или необычные колебания параметров, опираясь на тренды и накопленные данные. Это особенно ценно для сложных производственных процессов, где отказ одной детали способен нарушить всю цепочку.

Пользователям будут предоставлены понятные отчёты с прогнозами и текущим состоянием техники. Такой формат облегчает планирование ремонта или замены компонентов, исключая необходимость экстренных мер. Внедрение подобного решения способствует сокращению затрат на эксплуатацию и повышает надёжность производства в целом.

Актуальность темы подчёркивается глобальным переходом к цифровизации промышленности. Сегодня предприятия всё чаще выбирают проактивные методы управления, где важную роль играют технологии анализа данных. Разрабатываемая система поддерживает эту тенденцию, предлагая практичный инструмент для точного прогнозирования. В будущем её можно будет адаптировать для применения в различных отраслях, что подтверждает универсальность подхода к задачам технической диагностики.

Список используемых источников:

1. Введение в статистическое обучение с примерами на языке R: Г. Джеймс, Д. Уиттон, Т. Хасти, Р. Тибширани – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 450 с.
2. NoSQL. Новая методология разработки нереляционных баз данных / Прамодкумар Дж. Садаладж, Мартин Фаулер ; – Москва [и др.] : Вильямс, 2015. —183 с.

3. Data Science. Наука о данных с нуля / Джоэл Грас ; перевод с английского Андрея Логунова. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2023. – 416 с.

Разработка универсальной программы для автоматизации логистических процессов

Зуб А.В., Укрыков Е.Д., Ступников М.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Разработка универсальной программы для автоматизации логистических процессов направлена на оптимизацию грузоперевозок, включая транспортировку специализированных грузов, таких как авиационные двигатели, запчасти для самолетов или другие крупногабаритные материалы. Программа учитывает вес, объем, тип груза, расход топлива и затраты на персонал, что особенно важно при работе с авиационной логистикой, где точность расчетов критична.

Интеграция с геоинформационными сервисами позволяет использовать актуальные данные о маршрутах, дорожной инфраструктуре и погодных условиях для расчета оптимальных путей доставки. Гибкость ввода данных, включая загрузку из Excel, упрощает работу с большими объемами информации. Все данные сохраняются в базе, что позволяет анализировать исторические маршруты и улучшать планирование.

Программа автоматически генерирует маршрутные листы с указанием пунктов отправления, назначения, времени в пути и других параметров. Для наглядности маршруты отображаются на интерактивной карте. Это особенно полезно при планировании перевозок в аэропорты или логистические хабы.

Оптимизация процессов помогает минимизировать затраты на топливо и время доставки, что важно для авиационной логистики, где сроки и ресурсы имеют ключевое значение. Удобный интерфейс делает программу доступной как для профессионалов, так и для новичков. Аналитические данные и рекомендации помогают принимать обоснованные решения, снижая издержки и повышая эффективность.

Таким образом, программа становится надежным инструментом для логистики, включая перевозки в авиационной сфере, где требования к точности и оперативности особенно высоки.

Разработка серверной части интернет-сервиса портфолио научных проектов с элементами социальной сети

Итальяев Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В современном мире наука требует не только высокой квалификации специалистов, но и эффективных методов представления и распространения результатов исследований. В этой статье мы рассмотрим процесс создания серверной части интернет-сервиса, который поможет учёным создавать портфолио своих проектов с элементами социальной сети.

Основная задача проекта — предоставить учёным возможность публиковать свои работы, общаться с коллегами и формировать профессиональное портфолио.

Архитектура серверной части

Серверная часть приложения разработана с использованием фреймворка Revel, который предоставляет мощные инструменты для создания веб-приложений на языке Go. Revel был выбран благодаря своей производительности, простоте использования и поддержке современных веб-стандартов. Основные компоненты серверной части включают:

- Модели данных: Описание структуры данных для профилей пользователей, публикаций и тегов.
- Контроллеры: Обработка HTTP-запросов, валидация данных и взаимодействие с базой данных.
- Маршрутизация: Настройка URL-адресов для доступа к различным функциям сервиса.

Модели данных

Модели данных являются ключевым элементом серверной части. Они описывают структуру информации, которая хранится в базе данных, и включают:

- Профили пользователей: содержат информацию о пользователях, такую как логин, пароль, имя, фамилия, страна, ученая степень и список публикаций.

- Публикации: включают заголовок, аннотацию, содержание, дату создания и список авторов.

- Теги: используются для категоризации публикаций по тематикам.

Контроллеры и обработка запросов

Контроллеры отвечают за обработку HTTP-запросов и взаимодействие с базой данных.

Основные функции контроллеров:

- Создание и управление профилями: Регистрация новых пользователей, обновление информации, удаление профилей.

- Управление публикациями: Добавление, редактирование и удаление научных статей, а также управление тегами и авторами.

- Аутентификация и авторизация: Вход в систему, выход и проверка прав доступа.

Взаимодействие с базой данных

Для хранения данных используется PostgreSQL, которая обеспечивает надежность и высокую производительность. Взаимодействие с базой данных осуществляется через ORM-библиотеку GORM, которая упрощает выполнение запросов и управление данными. В статье подробно рассматриваются:

- Инициализация базы данных: Подключение к базе данных и создание таблиц.

- CRUD-операции: Создание, чтение, обновление и удаление данных.

- Связи между таблицами: многие-ко-многим для управления публикациями и тегами, а также подписчиками и подписками.

Социальные функции

Сервис включает элементы социальной сети, такие как:

- Подписки: Пользователи могут подписываться на других ученых, чтобы следить за их публикациями.

- Совместные публикации: Возможность указывать соавторов и делиться результатами исследований.

- Генерация портфолио: Пользователи могут скачивать список своих достижений в формате Word для использования в профессиональных целях.

Созданный сервис предлагает учёным удобный инструмент для демонстрации результатов исследований и создания профессионального резюме. Применение передовых технологий, таких как Revel и PostgreSQL, гарантирует эффективную и стабильную работу системы. В дальнейшем планируется расширить функционал сервиса, включая интеграцию с другими научными платформами и добавление возможностей для общения между учёными.

Перспективы развития:

- Авторизация через социальные сети: Внедрение возможности регистрации и авторизации через Яндекс и ВКонтакте. Это упростит процесс регистрации для новых пользователей и повысит удобство использования сервиса. Интеграция с социальными сетями также позволит пользователям быстро делиться своими публикациями и привлекать больше внимания к своим исследованиям.

- Интеграция с CONFID.

Список используемых источников:

1. Go Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://go.dev/doc/> (дата обращения: 25.02.2025).

2. Revel Framework Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://revel.github.io> (<https://revel.github.io/>) (дата обращения: 25.02.2025).

Разработка пользовательской части сервиса по STEM-образованию с элементами геймификации

Коровичев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

По статистике, более 50% детей в возрасте 4-6 лет уже имеют собственный смартфон или планшет, а к 11-14 годам данный показатель вырастает до 97%. Больше половины всех детей используют свои гаджеты для игр и развлечений, а современные приложения приучают детей к быстрому получению информации: короткие видео, картинки. В связи с этим, разработка сервиса, поддерживающего желание получить информацию быстро и с пользой в обучении — важная и актуальная тема.

В качестве решения предлагается образовательный сервис с игровыми элементами и достижениями, в основе которого лежит STEM-образование (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Этот подход соединяет научные, технические, инженерные и математические дисциплины. Он позволяет ребенку развивать свое критическое мышление и расширяет кругозор предметных областей.

Разработка пользовательской части платформы является ключевой задачей и имеет некоторые особенности:

1. Минимизированная подача и доступность интерфейса, ориентированного на детей.
2. Быстрая передача большого количества изображений и их оптимизация.
3. Интерактивные элементы с ярким акцентом на них.

Сервис состоит из нескольких модулей:

1. Админ-панель с редактированием плана обучения и созданием собственных задач.
2. Личный кабинет пользователя с подмодулями решения задач, игровым режимом, тренажером для отработки проблемных мест и достижениями.

Для реализации выбраны следующие технологии: Next, TypeScript, Effector, Minio S3, Keycloak, Websockets. Такой подход и технологии позволяют добавить гибкости процессу обучения, перестраивать план и сложность задач в соответствии с пожеланиями пользователей, а также легко подстроиться под современные стандарты обучения.

Сущности STEM-образования в сервисе представлены в виде планет. Каждая из них предоставляет план обучения в конкретной сфере, а также интерактивную вселенную для отслеживания прогресса. Задачи конфигурируются методистом и подаются ребенку небольшими порциями, что дает возможность быстро схватить новую информацию, не уставая от долгих занятий. За решенные задания ребенок получает баллы, и они позволяют ему развивать планету, открывая дополнительные постройки и героев с познавательными научными фактами. Данный сюжет дает захватить внимание ребенка и окунуть его в процесс обучения.

В результате работы разработана пользовательская часть приложения по STEM-образованию. Реализована админ-панель, позволяющая создавать и редактировать план обучения и задачи, личный кабинет пользователя с игровыми элементами и достижениями. Сервис подстраивается под современные потребности детей и нацелен на научное развитие, делая дошкольное и школьное образование более доступным и эффективным.

Список используемых источников:

1. Лаборатория Касперского — Текст : электронный // kaspersky.ru: [сайт] —URL: https://kids.kaspersky.ru/wpcontent/uploads/sites/2/2019/04/190402_Children_Russia_Report_Practices-1.pdf (дата обращения: 22.02.2025).
2. UX-дизайн для детей — Текст : электронный // skillbox.ru : [сайт] —URL: <https://skillbox.ru/media/design/uxdizayn-dlya-detey/> (дата обращения: 22.02.2025).

Специфика разработки мобильных приложений на отечественных операционных системах

Кричевцова Т.В.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Современные реалии способствуют развитию, распространению и увеличению численности пользователей российских операционных систем. Они внедряются в качестве программного обеспечения на персональных компьютерах сотрудников разных государственных организациях. В связи с ростом их популярности особое внимание приобретает и разработка мобильных приложений для отечественных операционных систем.

Основной целью данной работы является изучение принципов и технологий проектирования и разработки мобильных приложений, которые будут учитывать специфику архитектур таких операционных систем, как Аврора, Astra Linux Mobile и KasperskyOS.

Предлагаемое программное решение должно соответствовать требованиям, предъявляемым спецификой архитектур российских операционных систем. Например, KasperskyOS построена по принципу модульности компонентов системы. Это значит, что приложение имеет права доступа только к тем функциям, которые были разрешены на этапе его проектирования и разработки. Например, для приложения «Калькулятор» не предусмотрен доступ к медиафайлам пользователя.

Ключевыми критериями при создании KasperskyOS и Аврора стала защита данных и их конфиденциальность. Поэтому при разработке мобильного приложения особое внимание должно уделяться обеспечению защиты потоков информации на всех этапах ее передачи.

Разработка приложений для российских операционных систем является перспективным и развивающимся направлением, что способствует развитию технологий, предназначенных для этого. Например, фреймворк Flutter является одним из инструментов, который поддерживается операционными системами семейства Linux, что подразумевает возможность его применения в том числе и для разработки приложений на Astra Linux Mobile. Также поддержка функционала Flutter продолжает развиваться на операционной системе Аврора. Фреймворк позволяет использовать плагины и библиотеки для взаимодействия с нативными API. Например, можно получить доступ к сенсорам, что особенно важно для смартфонов и планшетов, на которые устанавливается Аврора.

Основной акцент формирования отечественных операционных систем – безопасность. Он ставит дополнительные требования и задачи разработчикам программного обеспечения, что влечет за собой адаптации инструментария разработки и его совершенствования для реализации заложенных в операционную систему возможностей. Такая адаптация существенно меняет специфику разработки программного обеспечения.

Список используемых источников:

1. KasperskyOS – микроядерная операционная система «Лаборатории Касперского» / [Электронный ресурс] // Лаборатория Касперского : [сайт]. – URL: <https://os.kaspersky.ru/> (дата обращения 24.02.2024).
2. Аврора – первая российская мобильная операционная система / [Электронный ресурс] // Открытая мобильная платформа : [сайт]. – URL: <https://auroraos.ru/about> (дата обращения 24.02.2024).
3. Flutter – Build apps for any screen / [Электронный ресурс] // Flutter on Mobile : [сайт]. – URL: <https://flutter.dev/> (дата обращения 25.02.2024).

Использование алгебраических решеток для управления потоками информации

Лутовинов Р.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МАИ, Москва

Информация является ключевым аспектом современных технологий. Любая деятельность в той или иной степени зависит от потока информации и его свойств.

Например, на любом предприятии эффективность производства в первую очередь зависит от свойств информационного потока, который обслуживает материальный поток [1, С.2]. При обмене информацией внутри организации основными показателями эффективности являются скорость передачи данных, их актуальность и точность. Развитие сфер деятельности приводит к увеличению сложности информационных потоков, что приводит к повышенной нагрузке на управляющий персонал.

Информационные потоки часто выполняют функцию замещения. Увеличение числа потоков и их упорядочение могут способствовать сокращению трудозатрат [2, С.5]. Применение алгебраических структур для моделирования информационных потоков даст возможность разработать сервис, который будет моделировать упорядоченные информационные потоки. Такая система позволит обрабатывать данные о всех процессах материального потока, предоставляя информацию о ходе выполнения каждого этапа, что позволит более оперативно принимать управленческие решения.

Главная цель систем для управления информационными потоками не принимать решения, а предоставлять всю необходимую информацию людям, которые на ее основе будут принимать решения. Они позволяют экономить ресурсы в виде человеко-часов и сокращают время выполнения операций [3, С.4]. Также нужно отметить, что системы всегда специально подстраиваются под определенную область деятельности и информацию в ней, что делает каждую систему уникальной [4, С.486]. Из этого обоснования следует, что оптимальной целью развития являются свойства информационного потока и добавление общих систем, позволяющих передавать дополнительные данные.

Использование алгебраических решёток как способа упорядочивания информации позволит структурировать информационные потоки таким образом, что это позволит ускорить процесс принятия управленческих решений. Наличие общих верхних и нижних границ позволяет создавать подсистемы из любого элемента, что не только является поддержкой масштабирования, но и позволяет использовать любую отдельную информацию как основу для новых систем.

Для использования алгебраических решёток как формы представления информации необходимо обеспечить централизованную систему хранения информации, на основе которой будут строиться связи. Использование алгебраических решёток для управления информационными потоками повысят скорость и масштабируемость системы. Реализация системы может производиться как параллельно, так и в совокупности с уже используемыми решениями.

Список используемых источников:

1. Максимов А.А. Структура информационных потоков современного промышленного предприятия // Информационные ресурсы России. – 2005. – №5(87). – С. 3.
2. Минаков В.Ф. Информационные потоки как фактор производства // НАУКА-RASTUDENT. – 215. – №11. – С. 32.
3. Волгина И.В., Юрченко М.Н. Влияние системы информационных потоков на эффективность принятия управленческих решений // STUDIUM. – 2017. – №4(45). – С. 2.
4. Глыбочко А.Н., Мирославский В.Н. проблемы использования информационных потоков в организационной структуре производственного предприятия // Форум молодых ученых. – 2019. – № 5(33). – С. 485–488.

Разработка геоинформационного сервиса предоставления справочной информации типовых серий домов

Минаков Г.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.
МАИ, Москва

Цель

Разработка геоинформационного сервиса, предоставляющего справочную информацию о типовых сериях домов, с целью упрощения доступа к данным для архитекторов, строителей и граждан.

Задачи:

1. Провести обзор существующих геоинформационных систем и их применения в строительстве.
2. Разработать методологию создания сервиса, включая выбор технологий и этапы разработки.
3. Определить функциональные возможности сервиса и его преимущества для пользователей.

В сфере недвижимости важным аспектом является доступ к актуальной информации о типовых сериях домов. В связи с этим, разработка геоинформационного сервиса, предоставляющего справочную информацию о типовых сериях домов, становится актуальной задачей. В работе мы рассмотрим цели и задачи разработки такого сервиса, а также его функциональные возможности и преимущества.

На сегодняшний день существует множество геоинформационных систем (ГИС), которые используются в различных областях. Например, системы, такие как ArcGIS и QGIS, позволяют визуализировать пространственные данные и анализировать их. Однако большинство из них не ориентированы на предоставление информации о типовых сериях домов. Важно отметить, что успешные проекты, использующие ГИС для этой цели, уже существуют, но их функционал часто ограничен. Это создает пробел на рынке, который наш сервис может заполнить.

Разработка геоинформационного сервиса включает несколько ключевых этапов. Первым шагом является сбор данных о типовых сериях домов. Эти данные могут быть получены из открытых источников, а также через сотрудничество с проектными организациями.

Следующим этапом является создание базы данных, которая будет хранить собранную информацию. Для этого можно использовать реляционные базы данных, такие как PostgreSQL, которые обеспечивают надежное хранение и быстрый доступ к данным.

После этого необходимо разработать пользовательский интерфейс, который будет интуитивно понятным и удобным для пользователей. Важно, чтобы интерфейс позволял легко находить и фильтровать информацию по различным параметрам.

Основным преимуществом нашего сервиса является упрощение доступа к информации для специалистов и граждан. Это позволит сократить время на поиск необходимой информации. Кроме того, сервис будет способствовать более информированному выбору жилья, что в свою очередь может повысить уровень удовлетворенности граждан.

В заключение, разработка геоинформационного сервиса для предоставления справочной информации о типовых сериях домов является важной задачей, которая может значительно улучшить доступ к информации в различных отраслях.

Список используемых источников:

1. Кузнецов, А. В. «Геоинформационные системы: теория и практика». — М.: Издательство "Наука", 2020. — 320 с.
2. Петров, И. И., Сидорова, Е. А. «Использование геоинформационных технологий для создания справочных систем в строительстве». Вестник строительного университета, 2021, № 3, с. 45-50.
3. Иванов, С. П. «Разработка геоинформационного сервиса для управления городской инфраструктурой». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М.: МГСУ, 2022.

Альтернативные методы обмена сообщениями о трансграничных переводах Михайлова С.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Зайцев В.Е.
МАИ, Москва

Развитие технологий стремительно меняет мир, ускоряя темп жизни и увеличивая количество взаимодействий между людьми, компаниями и государствами. В результате глобализации экономика стала поистине международной, а число трансграничных переводов возросло многократно. Однако, несмотря на очевидные достижения, существующие механизмы обмена финансовыми сообщениями всё ещё оставляют желать лучшего.

Современные экономические реалии предъявляют высокие требования к скорости, безопасности и доступности финансовых операций. Тем не менее, традиционные методы обмена сообщениями о трансграничных переводах, такие как SWIFT, страдают от ряда недостатков: высокая стоимость, большое время доставки и зависимость от централизованных органов контроля. Кроме того, для успешного использования таких систем требуется наличие открытого корреспондентского счета, что делает их неэффективными и недоступными для тех участников, у кого нет доступа к подобной инфраструктуре.

Многие страны, осознавая недостатки традиционных систем обмена финансовыми сообщениями, начали развивать собственные платежные системы, стремясь уменьшить зависимость от внешних факторов и повысить безопасность финансовых операций. Примером такой инициативы является российская Система передачи финансовых сообщений (СПФС), созданная как альтернатива SWIFT. Аналогичным образом, Китай запустил Cross-Border Interbank Payment System (CIPS) для облегчения международных расчетов в юанях, а Индия ввела Unified Payments Interface (UPI) для мгновенных внутренних переводов.

Однако даже национальные платежные системы, по-прежнему зависят от централизованного контроля, поскольку они управляются государственными органами или крупными финансовыми институтами. Хотя эти системы созданы для уменьшения зависимости от внешних факторов, они всё равно подвержены влиянию политических и экономических санкций. Например, если банк окажется под санкциями, это может ограничить его доступ к национальной платежной системе, что сделает невозможным проведение трансграничных или даже внутренних операций.

Децентрализованные платёжные системы представляют собой революционную модель финансовых операций, свободную от посредников и централизованного контроля. Они предлагают высокую безопасность, устойчивость к цензуре и доступность, что делает их перспективными для трансформации глобальной экономики. Эти системы позволяют людям и бизнесу обходить бюрократические преграды и снижать издержки на международные переводы, предоставляя равные возможности для всех участников.

Несмотря на все достоинства децентрализованных систем, такие как устранение посредников и повышенная безопасность, их внедрение в банковский сектор сталкивается с серьезными трудностями. Основные проблемы включают масштабируемость, волатильность курсов и юридическую неопределенность. Эти факторы делают децентрализованные системы пока недостаточно зрелыми для полноценного замещения традиционных платежных механизмов в банковской сфере.

В докладе предложен конкретный метод организации альтернативного обмена финансовыми сообщениями, использующий прямой обмен данными между банками без посредников и необходимости открытия корреспондентских счетов. Однако для успешной реализации этого метода потребуется разработка четких стандартов и протоколов взаимодействия, а также учет юридических и регуляторных аспектов.

Для реализации метода предлагаются следующие средства и технологии: Golang, Postgres, Kafka.

Докладчиком планируется разработка прототипа программного обеспечения метода, удовлетворяющий требованиям безопасности и надежности. Его опытная эксплуатация должна показать жизнеспособность предложенной автором концепции.

Список используемых источников:

1. Белоусов А. Л. Альтернативы международной межбанковской телекоммуникационной сети Swift для российской банковской системы // Финансы и кредит. 2016. №16. С. 19–26.
2. Молокин А. С., Севанько А.М. Блокчейн как инструмент транзакций в системах криптовалют // Финансы, деньги, инвестиции. 2016. № 2. С. 29-36.

Методы и средства разработки оптимизированных 3D-моделей для обучающих игр

Муравлева О.К.

Научный руководитель — Харитоненков А.И.

МАИ, Москва

Создание 3D-моделей для обучающих игр требует не только художественного подхода, но и технической оптимизации. Качественная модель должна обладать чистой топологией, то есть правильной структурой полигонов, которая упрощает анимацию и рендеринг, иметь оптимизированную геометрию с балансом числа полигонов для поддержания высокой производительности, использовать эффективные текстуры, такие как карты нормалей и UV-развёртки, а также быть гибкой, чтобы обеспечивать корректную работу риггинга (создание скелета) и анимации без геометрических ошибок.

Топология модели, то есть структура соединений вершин, рёбер и полигонов, играет ключевую роль в её визуальном качестве и поведении в игре. Хорошая топология предполагает использование четырёхугольников (quads), так как они обеспечивают предсказуемые деформации при анимации и правильное сглаживание. Следует избегать многоугольников с числом сторон больше четырёх (n-gons), так как они могут вызывать артефакты при рендеринге и создавать проблемы при анимации. Использование треугольников (triangles) допустимо в статичных объектах, но в деформируемых моделях может привести к нежелательным складкам. Также важно правильно расставлять петли рёбер (edge loops), чтобы они повторяли анатомию объекта, особенно в моделях персонажей, а удерживающие рёбра (hold edges) помогают сохранять чёткие формы при сглаживании с помощью Subdivision Surfaces.

Оптимизация топологии включает в себя ретопологию, то есть преобразование сложной high-poly модели в более простую low-poly при сохранении её формы, удаление избыточных полигонов, например, скрытых внутри модели или не влияющих на силуэт, а также равномерное распределение плотности сетки, что предотвращает резкие перепады детализации.

Оптимизация 3D-моделей направлена на снижение нагрузки на графический процессор и повышение производительности. Основные методы включают использование уровней детализации (LOD), когда создаются несколько версий одной модели с разным числом полигонов, и движок подгружает более детализированную версию только при приближении камеры. Также сокращается количество отдельных объектов в сцене за счёт объединения геометрии, а большие модели разбиваются на модули, что позволяет загружать только нужные части сцены. Дополнительно удаляются невидимые полигоны, например, те, что скрыты под одеждой персонажа, что сокращает ненужную нагрузку на движок.

Запекание карт нормалей позволяет передавать детализацию сложных моделей на более простые low-poly объекты. Карта нормалей (Normal Map) сохраняет мелкие детали high-poly модели и переносит их на low-poly вариант, карта высот (Height Map) используется для создания рельефных поверхностей, а карта Ambient Occlusion (AO) добавляет реалистичные тени в углублениях модели. Для оптимизации текстур важна корректная UV-развёртка, чтобы избежать растяжений и наложения артефактов, а использование PBR-текстур (Physically Based Rendering) позволяет добиться реалистичного освещения. Дополнительно применяется сжатие текстур, что уменьшает их размер без потери качества, например, с помощью форматов .DDS или .KTX.

Таким образом, качественная разработка 3D-моделей требует комплексного подхода, включающего правильную топологию, оптимизацию геометрии и текстур, а также использование современных методов запекания карт нормалей для достижения высокой производительности при сохранении визуального качества.

Список используемых источников:

1. Боран, У. The Pushing Points Topology Workbook / У. Боран. — [СИИ] : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. — 138 с.
2. Боран, У. Digital Modeling / У. Боран. — [СИИ] : New Riders, 2011. — 400 с.

3. Brito, A. Blender 3D by Example / A. Brito. — Birmingham : Packt Publishing, 2015. — 318 p.

Разработка приложений и программных средств для общения через интернет на отечественных операционных системах

Нагайцев Р.М.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Одной из главных задач в современном мире в свете импортозамещения является разработка приложений и программных средств для общения через интернет на отечественных операционных системах. Такие операционные системы, как Astra Linux, РЕД ОС, Альт, РосАльт и ОС «Эльбрус» используются в государственных структурах и корпоративном секторе, что создает потребность в совместимых программных средствах.

Особенностью отечественных операционных систем является то, что они основаны на ядре Linux с модификациями, которые обеспечивают безопасность и стабильность работы. Такие системы направлены на использование в областях, где требуется соблюдение строгих стандартов безопасности и поддержки сертифицированных криптографических решений. Разработка программных средств для общения должна учитывать эти особенности и обеспечивать совместимость с отечественными средствами криптозащиты, такими как ViPNet и КриптоПро.

Основной целью данной работы является рассмотрение концепта модели программного обеспечения по обмену информации. На данный момент уже есть отечественные решения в данной сфере, такие как MyOffice Мессенджер, Р7-Офис Чат и TrueConf, но их функциональность и распространение пока ограничены. Рассматриваемая модель представляет собой программное обеспечение для обмена голосовыми сообщениями с повышенной защитой конфиденциальности отправляемой информации. Механизм защиты строится на уникальности оперирующей программы на компьютерах, обменивающихся информацией, а также на индивидуализации передаваемой информации и ее шифровки-расшифровки на основе физических свойств.

При создании приложений для общения нужно учитывать поддержку современных протоколов связи, включая VoIP, SIP, XMPP, Matrix и WebRTC. Таким образом это обеспечит возможность интеграции с существующими системами и позволит создавать отечественные аналоги популярных зарубежных мессенджеров. Для кроссплатформенной разработки используются фреймворки, такие как Qt, GTK и Electron. Для реализации серверной части можно использовать отечественные решения как PostgreSQL, Tarantool и OpenLDAP, что помогает обеспечивать независимость от зарубежных технологий.

Среди вызовов, с которыми сталкиваются разработчики, можно выделить ограниченный выбор готового программного обеспечения, необходимость интеграции с иностранными сервисами и сложность поддержки на мобильных платформах. Решением может стать стремительное развитие отечественных проектов, создание мостов и шлюзов для интеграции с зарубежными системами, а также выпуск мобильных клиентов, адаптированных под российские ОС, такие как Auroga OS.

Таким образом, разработка приложений для общения на отечественных операционных системах является стратегически важной задачей, которая требует участия бизнеса, государства и сообщества разработчиков. Создание собственной системы программных решений позволит обеспечить независимость отечественных технологий от внешних, а также создать условия для развития отечественных технологий.

Список используемых источников:

1. Astra Linux - Российская операционная система / [Электронный ресурс] // Группа Астра : [сайт]. — URL: <https://astralinux.ru/> (дата обращения: 27.02.2025).
2. Qt - Tools for Each Stage of Software Development Lifecycle / [Электронный ресурс] // Qt Group : [сайт]. — URL: <https://www.qt.io/> (Дата обращения: 27.02.2025).

Разработка модели расчета зоны полного покрытия систем дистанционного зондирования Земли для Республики Союз Мьянма

Най Х.Л., Аунг М.Т.

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

МАИ, Москва

Мьянма, официально известная как Республика Союз Мьянма, является страной в Юго-Восточной Азии с разнообразной географией, климатом и культурным наследием. Площадь страны составляет 676 577 квадратных километров, что делает её одной из крупнейших стран региона. Мьянма расположена между $9^{\circ}32'$ и $28^{\circ}31'$ северной широты и $92^{\circ}10'$ и $101^{\circ}11'$ восточной долготы, граничит с Индией, Китаем, Бангладеш и Таиландом, а также имеет значительное побережье вдоль Бенгальского залива. Страна имеет тропический муссонный климат, с ежегодными осадками от 800 до более 5000 миллиметров, что создаёт определённые проблемы для спутникового покрытия, особенно в удалённых районах, где доступ к данным важен для мониторинга погоды, сельского хозяйства и управления окружающей средой.

Эффективное спутниковое покрытие является важным для Мьянмы, особенно для дистанционного зондирования и наблюдения за Землёй. Географическое положение страны и переменчивый климат требуют спутниковой констелляции, способной обеспечить непрерывное покрытие. Оптимизация орбиты спутников в низкой околоземной орбите (LEO) критична для удовлетворения потребностей Мьянмы в эффективном сборе данных, особенно для таких приложений, как прогнозирование погоды, мониторинг окружающей среды, планирование сельского хозяйства и реагирование на чрезвычайные ситуации.

Определение минимального наклона орбиты для покрытия

Для обеспечения полного покрытия Мьянмы спутником в LEO необходимо рассчитать минимальный наклон орбиты. Наклонение орбиты — это угол между орбитальной плоскостью спутника и экваториальной плоскостью, который определяет широты, которые спутник может охватывать. Северная широта Мьянмы составляет $28,5^{\circ}\text{N}$, а южная — $9,5^{\circ}\text{N}$. Следовательно, спутник должен иметь наклонение орбиты не менее $28,5^{\circ}$, чтобы он мог покрыть всю территорию страны. Этот наклонение гарантирует, что траектория спутника пересечёт все регионы Мьянмы, обеспечивая необходимое покрытие. Хотя минимальный наклон в $28,5^{\circ}$ является достаточным, рекомендуется использовать немного более высокий наклон (например, 30°), чтобы учесть орбитальные возмущения и поддерживать надёжное покрытие. Более высокие наклонения также снижают влияние гравитационных аномалий, что способствует большей стабильности орбиты и минимизирует риск выхода спутника из зоны покрытия.

Для приложений, связанных с изображением Земли и наблюдением за ней, важны стабильные условия освещённости. Орбита, синхронизированная с солнцем (SSO), обеспечивает прохождение спутника над теми же регионами в одно и то же местное солнечное время, поддерживая постоянный угол солнца относительно траектории спутника. Орбиты SSO обычно имеют наклон от 97° до 98° и полезны для мониторинга роста сельскохозяйственных культур, изменений в растительности или сезонных погодных паттернов. Они обеспечивают стабильное и предсказуемое солнечное освещение, что необходимо для миссий, требующих равномерного освещения, таких как мониторинг здоровья сельскохозяйственных культур, оценка земного покрытия и обнаружение изменений в окружающей среде.

Региональное покрытие

Для миссий, ориентированных на Мьянму, низкое наклонение орбиты $28,5^{\circ}$ является достаточным для полного покрытия, что идеально подходит для телекоммуникаций, вещания и локализованного наблюдения за Землёй. Для регионального покрытия, включая соседние страны, такие как Индия, Бангладеш и Таиланд, рекомендуется орбита с более высоким наклоном от 35° до 40° . Это позволит расширить зону покрытия, сохраняя при этом эффективную орбитальную механику. Для масштабного мониторинга окружающей среды, управления чрезвычайными ситуациями и региональных коммуникационных систем, охватывающих Юго-Восточную Азию, подходящим будет наклон от 45° и выше. Один

спутник может обеспечить только ограниченное покрытие в любой момент времени. Для обеспечения непрерывного и надёжного покрытия Мьянмы необходимо развертывание нескольких спутников в хорошо скоординированной конstellляции. Эти спутники должны быть расположены так, чтобы, когда один выходит из зоны покрытия, другой его заменяет. Такая стратегия особенно полезна для миссий, требующих постоянного мониторинга или сбора данных в реальном времени. Спутники в конstellляции должны быть расположены на орбитальных плоскостях с перекрывающимися зонами покрытия для обеспечения непрерывного наблюдения за целевыми регионами.

Заключение

Региональное покрытие спутниковой орбитой для Мьянмы включает в себя определение правильного наклона для обеспечения полного покрытия. Минимальный наклонение в $28,5^\circ$ является достаточным, но рекомендуется его небольшое увеличение для стабильности. Для глобального или регионального покрытия более высокие наклоны и орбиты, синхронизированные с солнцем, обеспечивают дополнительные преимущества, включая стабильное освещение и более широкое географическое покрытие. Хорошо оптимизированная спутниковая конstellляция необходима для непрерывного сбора данных в реальном времени, что улучшает эффективность спутниковых систем для телекоммуникаций, управления чрезвычайными ситуациями и мониторинга окружающей среды в Мьянме.

Список используемых источников:

1. Авдеевский В.С., Антонов Б.М. и др. Основы теории полета космических аппаратов. Под ред. Г.С. Нариманова и М.К. Тихонравова. - М.: Машиностроение, 1972. – 608 с., с ил.
2. Бобронников В.Т., Дарнопых В.В., Малышев В.В., Шидловский А.В. Автоматизация оперативного планирования и анализа эффективности целевого функционирования спутниковых систем мониторинга // Космонавтика и ракетостроение. 2003. № 4. С. 47-62.
3. Saw, A.A. Deforestation and Local Livelihood Strategy: A Case of Encroachment into the Wunbaik Reserved Mangrove Forest, Myanmar. Ph.D. Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2017.

Использование языков стандарта IEC 61499 для взаимодействия с модулями генерации ШИМ

Павлов О.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Склеинин Ю.Б.

МАИ, Москва

Одной из современных тенденций развития вычислительных систем является использование ПЛИС для решения различных прикладных задач в встраиваемых системах: ЦОС, ТАУ, CV, ML, реализация алгоритмов шифрования, высокоскоростных интерфейсов передачи данных и других.

Однако, разработка систем, содержащих ПЛИС и микроконтроллеры или одноплатные компьютеры, требует от разработчиков наличия специфических навыков разработки прошивок для ПЛИС или отдельной команды разработки, с которой также необходимо налаживать контакт. На сегодняшний день средства разработки для синхронной разработки систем, включающих в себя ПЛИС и микроконтроллеры развиты слабо что затрудняет процесс разработки в рамках единой системы.

В качестве перспективного инструмента разработки можно рассматривать языки стандарта IEC 61499 — открытый стандарт распределенных систем управления и автоматизации. Стандарт описывает общую модель для распределенных систем управления и основан на стандарте IEC 61131. В IEC 61499 циклическая модель исполнения программ, применяемая в IEC 61131, заменена на событийную модель исполнения. Событийная модель позволяет явным образом задать порядок выполнения функциональных блоков в программе.

Логика работы системы описывается добавлением различных функциональных блоков и организации связей между ними. Ключевым отличием IEC 61499 от большинства графических языков программирования является возможность и необходимость явно

указывать на каком из устройств системы будет выполняться каждый из функциональных блоков. Это позволяет отслеживать логику работы системы в целом, а также быстро и эффективно перераспределять задачи между устройствами внутри системы.

Используя данный подход можно осуществлять разработку сложных встраиваемых или бортовых систем, включающих в себя микроконтроллеры, ПЛИС, одноплатные компьютеры и сервера. IEC 61499 позволит увидеть полную логику работы системы в виде функциональных блоков и их распределение между устройствами системы.

Наиболее сложной и слабо развитой областью в рамках языков IEC 61499 является взаимодействие между устройствами с помощью физических интерфейсов за счёт их высокой аппаратной зависимости.

Разработанный модуль ШИМ генератора реализован на базе ПЛИС tang nano 9k и управляется одноплатным компьютером Orange Pi 3 через GPIO. Программа управления для Orange Pi реализована с помощью Eclipse 4diac и

Дальнейшее развитие языков стандарта IEC 61499, методик применения и совместимых устройств позволит повысить скорость разработки встраиваемых систем и упростит верификацию разработанных алгоритмов.

Список используемых источников:

1. В.Н. Дубинин, В.В. Вяткин Модели функциональных блоков IEC 61499, их проверка и трансформации в проектировании распределенных систем управления: моногр. — Пенза. : Издательство ПГУ, 2012. — 351 с.

2. Войнов, А. С. Концепция автоматизированного проектирования и синтеза распределенных систем управления по стандарту IEC 61499 / А. С. Войнов, И. В. Сенокосов // Информационно-вычислительные технологии и их приложения : сборник статей XXV Международной научно-технической конференции, Пенза, 25–26 августа 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 31-34. – EDN YEGG NR.

3. O'sullivan, D. VHDL architecture for IEC 61499 function blocks / D. O'sullivan, D. Heffernan // IET Computers and Digital Techniques. – 2010. – Vol. 4, No. 6. – P. 515-524. – DOI 10.1049/iet-cdt.2009.0122. – EDN OMOEFF.

4. 4DIAC – Framework for Distributed Industrial Automation. – URL: <http://www.fordiac.org>, 2024.

Важность продуманного дизайна и юзабилити в веб-разработке: анализ критериев, распространённых ошибок и их исправление

Павлова М.С.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

При разработке веб-сайтов особое внимание необходимо уделять принципам дизайна и юзабилити, поскольку они напрямую влияют на эффективность взаимодействия пользователя с ресурсом. Невыполнение этих требований может привести к значительным потерям: пользователи, столкнувшись с неудобным интерфейсом, часто покидают сайт, что, в свою очередь, снижает показатели конверсии, доверие клиентов и общий рейтинг веб-ресурса в поисковых системах. Это особенно актуально для высокотехнологичных отраслей, включая авиационно-космическую, где важность оперативного доступа к информации и удобства взаимодействия с ресурсами играет ключевую роль.

Одной из самых распространённых проблем является нарушение принципа контраста. Когда текст на сайте плохо читается из-за низкого контраста с фоном, это не только ухудшает восприятие информации, но и вызывает у пользователя раздражение. Данные о поведении пользователей показывают, что неудобочитаемый текст приводит к повышенному уровню отказов (bounce rate) и снижению доверия к бренду. В секторах, связанных с авиацией и космосом, где важна точность восприятия данных, такие недочёты могут снижать эффективность работы сотрудников, занимающихся анализом и принятием решений.

Другой важный аспект — принцип близости элементов. Когда связанные между собой элементы, такие как текст и кнопки действия, расположены на большом расстоянии друг от друга, пользователю трудно понять, как взаимодействовать с сайтом. Это нарушает логическую структуру интерфейса, что затрудняет навигацию и снижает общую эффективность пользовательского опыта. Для промышленных компаний, чья продукция может быть задействована в авиационно-космической сфере, понятная и структурированная подача информации на сайте способствует лучшему восприятию технических характеристик и повышает удобство взаимодействия с ресурсом.

Не менее значимым является вопрос адаптивности дизайна, особенно для мобильных устройств. При отсутствии должной адаптации контента под различные экраны пользователи сталкиваются с рядом неудобств, таких как слишком мелкий текст и растянутые изображения, которые не подходят для мобильных экранов. Это создаёт трудности в восприятии и взаимодействии с сайтом, что приводит к снижению конверсии и доверия пользователей. Например, специалисты, работающие в авиационно-космической отрасли, часто используют мобильные устройства для получения технической информации, поиска поставщиков и взаимодействия с партнёрами. Соответственно, удобство работы с веб-ресурсами на любых устройствах напрямую влияет на эффективность их деятельности.

В рамках дипломного проекта был выполнен анализ вышеупомянутых проблем и предложены решения, направленные на их устранение. Например, был пересмотрен подход к контрастности и структуре размещения элементов на страницах, а также внедрён адаптивный дизайн, который не только корректно отображается на мобильных устройствах, но разработан специально под них, с учётом всех особенностей. Использование этих принципов позволило значительно улучшить юзабилити сайта, что, в свою очередь, способствует укреплению авторитета компании и её более эффективному взаимодействию с клиентами, в том числе и в высокотехнологичных отраслях. В дальнейшем предполагается продолжение работы над улучшением функционала сайта с целью повышения общей эффективности и удобства для пользователей.

Список используемых источников:

1. Робин Уильямс «Дизайн. Книга для недизайнеров» // Питер, 2021.
2. А. Горбунов «Типографика и вёрстка. Основы веб-дизайна» // Горбунов Бюро, 2022.
3. Стив Круг «Не заставляйте меня думать!» // Питер, 2020.

Анализ современных методов защиты конфиденциальной информации клиентов и их применение

Поздышева М.А.

Научный руководитель — Новиков Б.Б.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В эпоху цифровизации защита конфиденциальной информации клиентов стала одной из приоритетных задач для организаций. Современные информационные технологии требуют разработки комплексных и эффективных мер по защите конфиденциальной информации клиентов от множества угроз, включая DDoS-атаки, фишинг, XSS-атаки, вредоносное ПО и других уязвимостей. В данной работе будет рассмотрено, как можно реализовать данные меры безопасности со стороны backend, а также какие методы и подходы могут быть применены для обеспечения безопасности конфиденциальной информации клиентов.

Одним из базовых методов защиты данных является шифрование. В настоящее время популярны такие алгоритмы шифрования, такие как Rivest–Shamir–Adleman (RSA) и Advanced Encryption Standard (AES), обеспечивающие высокий уровень безопасности, превращая читаемый текст в зашифрованный. Шифрование применяется как для данных в покое (в хранилищах и базах данных), так и к данным в процессе передачи (например, при использовании HTTPS). В проекте применяется необратимое шифрование на основе хэш-функций при шифровании паролей с использованием библиотеки Wsgurl, гарантирующей их безопасность.

Эффективная аутентификация и авторизация играют ключевую роль в защите информационных систем. В работе используется библиотека Passport.js и JWT для создания аутентификации и авторизации. Passport.js обеспечивает удобное управление сессиями пользователей, а JWT позволяет создавать токены доступа и обновления, которые используются для защиты ресурсов. Многофакторная аутентификация (MFA) сочетает несколько методов проверки личности пользователя, таких как пароли, биометрические данные и одноразовые коды, что существенно повышает уровень безопасности.

Для контроля доступа к ресурсам системы используется ролевая модель управления доступом (Role-Based Access Control, RBAC). В проекте реализованы Guards и декораторы ролей, которые ограничивают доступ к маршрутам на основе ролей пользователя (например, администратор, пользователь). Это позволяет разграничивать права доступа и обеспечивать безопасность системы.

DDoS-атаки (распределенные атаки отказа в обслуживании) представляют серьезную угрозу для доступности онлайн-сервисов. Современные подходы к противодействию DDoS-атакам включают использование фильтрации трафика и развертывание специализированного оборудования. В разработке можно использовать специализированные сервисы, такие как Cloudflare, фильтрующие вредоносный трафик и обеспечивающие стабильную работу системы.

Для обеспечения защиты от фишинга и социальной инженерии используется комбинация технологий и методов, включая фильтрацию электронной почты, мониторинг подозрительной активности и обучение пользователей. Антифишинговые фильтры способны автоматически выявлять и блокировать фишинговые сообщения, предупреждая пользователей о потенциальных угрозах. В будущем можно настроить антифишинговые фильтры и системы мониторинга для обеспечения безопасности.

В качестве защиты от SQL-инъекций и XSS-атак используются методы кодирования данных и валидации входных данных. Внедрение параметризованных запросов и использование подготовленных операторов SQL помогает предотвратить выполнение вредоносного кода в базах данных. Валидация и фильтрация входных данных на стороне клиента и сервера снижают риск XSS-атак. Prisma, используемая в этом проекте, автоматически защищает от SQL-инъекций с помощью подготовленных операторов.

Дополнительно можно выделить такие методы, как подход «нулевого доверия» (Zero Trust) и квантовая криптография. Принципы нулевого доверия включают в себя строгую аутентификацию, проверку подлинности устройств и непрерывный мониторинг активности. Это способствует обнаружению и предотвращению атак, которые были бы невозможны при традиционной политике доверия. Квантовая криптография, основанная на принципах квантовой механики, позволяет создавать неразрушимые ключи шифрования, обеспечивая высочайший уровень безопасности данных. Эта технология активно исследуется и разрабатывается для применения в различных сферах.

Современные методы защиты конфиденциальной информации клиентов включают в себя комплекс технологических и организационных мер. Обучение пользователей и применение принципов нулевого доверия помогают минимизировать риски, связанные с человеческим фактором. Внедрение передовых технологий, таких как квантовая криптография, и меры противодействия фишингу, социальной инженерии, SQL-инъекциям и другим угрозам создают многослойную защиту. Это помогает организациям поддерживать доверие клиентов и защищать их конфиденциальные данные в условиях постоянно меняющейся киберугроз.

Использование гибридных моделей нейросетей и классической аналитики для управления сложными системами

Попов М.А., Манин А.Н., Горшкова А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Александрова С.С.

МАИ, Москва

В последние годы наблюдается стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), в том числе нейросетевых методов и классических аналитических подходов. Однако традиционные методы управления сложными системами имеют ряд ограничений, связанных с их способностью обрабатывать сложные и динамичные данные. В данном исследовании предлагается гибридный подход, который сочетает преимущества нейросетей и классической аналитики для улучшения точности и эффективности управления системами.

Традиционные аналитические методы управления часто не могут учитывать нелинейные зависимости в данных и адаптироваться к изменениям в динамичных средах. С другой стороны, нейросети, хотя и обладают высокой способностью распознавать сложные закономерности, могут быть недостаточно интерпретируемыми и устойчивыми. Гибридные модели, объединяющие оба подхода, позволяют преодолеть указанные ограничения.

Гибридная модель представляет собой сочетание нейросетевого компонента для распознавания сложных паттернов и аналитического компонента для логического анализа и оптимизации управления. В рамках исследования была разработана архитектура гибридной модели, включающая три ключевых компонента: сбор данных, обучение нейросети и аналитическая оптимизация.

Процесс разработки модели включает этапы обучения нейросети на основе исторических данных, а также интеграцию аналитического алгоритма, который выполняет анализ и выдает оптимальные решения. В качестве примера была разработана гибридная модель для управления ресурсами в производственной системе.

Гибридная модель была протестирована на ряде кейсов, включая задачи оптимизации производственных процессов, управления цепочками поставок и управления воздушным движением. Результаты показали, что применение гибридной модели приводит к улучшению точности прогнозирования и снижению времени принятия решений.

Предложенный подход демонстрирует высокую эффективность в управлении сложными системами. Гибридные модели позволяют повысить устойчивость и точность принимаемых решений. В перспективе планируется расширение области применения гибридных моделей, а также дальнейшее исследование их адаптации к динамичным и неопределённым средам.

Список используемых источников:

1. Скобцов В.Ю., Соколов Б.В., Вен-ан Чжан, Минглей Фу ГИБРИДНЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ДАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2024. – С. 200-204.

2. ЖИЛЯЕВ А.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БОЕВЫХ РОБОТАХ // ВЕСТНИК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ. – 2024. – №3(43). – С. 35-39.

3. Игнатьев В.В. Адаптивные гибридные интеллектуальные системы управления // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – С. 89-94.

Разработка автоматизированной информационной системы интеграции программного обеспечения

Попыкин А.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Отработку навыков пилотирования невозможно проводить сразу в полёте на борту воздушного судна, т.к. возникновение внештатных ситуаций может быть опасно даже для опытных пилотов. Кроме того, обучение в воздухе требует больших затрат. Для сокращения рисков и затрат при подготовке пилотов используются авиационные симуляторы. Они

позволяют в спокойной обстановке отработать даже самые сложные и опасные ситуации на любых фазах полёта. Поэтому сегодня работа на тренажерах является важнейшим этапом обучения пилотов.

Разработка полного комплекта программного обеспечения авиационных симуляторов является трудоемким процессом. Программное обеспечение включает в себя многочисленные математические модели самолётных систем, органов управления и индикации. Так же, как и на реальном самолёте, между моделями данных систем существует большое количество информационных связей-интерфейсов, обеспечивающих обмен данными между ними.

Для разработки, управления и хранения такого количества интерфейсов требуется организация базы данных, а для простого и надёжного взаимодействия с ней – интерфейс пользователя. Для этого была разработана автоматизированная информационная система интеграции программного обеспечения (АИСИПО) для стендов различного назначения. Система значительно сокращает затраты на разработку, а также сводит количество ошибок к минимуму.

АИСИПО предоставляет удобный пользовательский интерфейс. База данных содержит информацию о математических моделях самолетных систем и связях между ними, документах, определяющих эти связи, а также историю вносимых в базу изменений. На основе информации из базы данных генерируются необходимые для работы симулятора файлы. Система способна проводить сборку полного комплекта программного обеспечения для стенда, а также выполнять его тестирование.

Информационная система сильно интегрирована в процесс создания полного комплекта программного обеспечения для авиационных симуляторов. Её функционалом пользуются разработчики пультов, математических моделей авиационных систем и синоптических кадров.

Методы обратной разработки закрытых форматов данных

Пухачев В.Э.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Иногда может возникнуть потребность в воссоздании формата файла, для исследования, восстановления данных или конвертации. При этом далеко не всегда в наличии имеется документация, достаточно подробно описывающая устройство тех или иных файлов. В таком случае и возникает необходимость применения реверс-инжиниринга.

Процесс обратной разработки нуждается в создании и упорядочивании конкретных методов и документировании этих методов, в первую очередь с образовательной целью, как пособие по общим принципам обратной разработки закрытых форматов.

Основные инструменты, которые применяются при обратной разработке, применительно к форматам данных это 16-ричные редакторы, которые позволяют нам читать и менять сырые данные, представляющие из себя шестнадцатеричные (а по факту двоичные) числа; отладчики, благодаря которым можно пошагово отслеживать ход работы программы, в том числе и процесс формирования сохраняемого файла, и дизассемблеры, которые позволяют взглянуть целиком на всю структуру и отдельные составляющие исполняемого файла, который использует и создаёт данные интересующего нас формата. Также будет использоваться утилита консоли Windows `fc`.

Для демонстрации применения указанных инструментов и формирования методов будет использован формат `.ALG`, этот формат применяется для хранения нотных данных, а также для хранения характеристик звука музыкальной программой Allegro, разработанной для операционной системы MS-DOS.

В ходе демонстрации будут показаны примеры получения информации о значениях тех или иных элементов файла в закрытом формате посредством использования 16-ричного редактора и утилиты `fc` применительно к большому количеству созданных на программе Allegro файлов формата `.ALG`.

Список используемых источников:

1.Reverse Engineering for Beginners. [Электронный ресурс]. URL: <https://codeby.net/blogs/wp-content/uploads/RE4B-RU.pdf>.

2. Black-box cryptanalysis of home-made encryption algorithms: a practical case study. Pierre Capillon [Электронный ресурс]. URL: https://yurichev.com/mirrors/SSTIC2016-Article-cryptanalyse_en_boite_noire_de_chiffrement_proprietaire-capillon.pdf.

Проектирование архитектурного решения веб-приложения для создания и прохождения интерактивных сценариев

Пушкарев А.Д., Блинные К.М.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Игровые приложения применяются для геймификации образовательного процесса с целью повышения вовлеченности обучающихся и моделирования практико-ориентированных задач с помощью интерактивных сценариев. На сегодняшний день существует множество движков для разработки интерактивных игровых приложений. Помимо Unity, Unreal Engine, Godot (приложения для персональных компьютеров) и GDevelop, Construct3 (веб-решения) и др., существуют специальные платформы, предназначенные для интерактивных сценариев, такие как Twine, Inky, Narrat. Под интерактивными сценариями подразумеваются произведения, предполагающие, что пользователь может влиять на ход развития событий в определенные моменты времени своими действиями. Также в современных научных работах поднимается проблема важности упрощения разработки, возникает необходимость «оптимизировать труд, высвободить ресурсы на решении задач разработки благодаря автоматизации рутины» [1]. За последние несколько лет появились решения для разработки и прохождения игровых приложений с использованием генеративного искусственного интеллекта (ИИ), например, Rosebud AI или AI Dungeon.

Одним из направлений применения инструментов разработки интерактивных сценариев является авиационно-космическая отрасль. Подобные платформы могут применяться как интерактивные тренажеры для отработки принятия решений в различных профессиональных задачах, в том числе в условиях ограничений по времени. Встроенный ИИ может генерировать визуальный и аудиоконтент, детализируя сцену, на фоне которой разворачиваются события. Геймифицированный подход к обучению будущих сотрудников авиационно-космической отрасли может повысить их вовлеченность в образовательный процесс и дать возможность отработать навыки в контексте смоделированных профессиональных задач.

Анализ существующих подходов выявил ряд недостатков. Игровые движки для персональных компьютеров, такие как Unity и Unreal Engine, требуют базовых навыков программирования даже при использовании инструментов визуального программирования (Unity Visual Scripting, CryEngine Schematyc), что наиболее эффективно может использоваться разработчиками для быстрого прототипирования [2], но не сценаристами (в том числе, работниками авиации или космонавтики) без достаточных навыков написания кода. Веб-движки, например, GDevelop, ориентированы на разработку мини-игр (платформеры, пазлы, карточные игры) и не позволяют реализовать полноценные сюжетно-ориентированные проекты. Construct3 и Scratch ориентированы на начинающих пользователей, что ограничивает их функциональные возможности в создании сложных сюжетных сценариев. Платформы, предназначенные для интерактивных сценариев, также обладают некоторыми недочетами. Главные недостатки Twine – это нацеленность на текстовые компоненты, а не визуальные составляющие (сцены), а также отсутствие поддержки совместной разработки. Inky, как и Narrat, ориентированы именно на редактирование кода на языке сценариев, а не на создание логики с помощью визуальных инструментов. Решения на базе генеративного ИИ, когда разработчику выдается готовый код (например, на Phaser.js), требуют дополнительных знаний для внесения изменений в проект, а повторные промпты не всегда дают стабильный результат. Существуют и

российские решения для создания и прохождения интерактивных сценариев, например Uwu Novels. Но в данном движении отсутствует командная разработка, имеется ограничение на размер ассета, и помимо этого, логика визуального программирования основана на потоке данных (конкретном алгоритме), а не на наборе условий и действий [3].

Исходя из проведенного анализа, сформулирована задача проектирования архитектурного решения веб-приложения для создания и прохождения интерактивных сценариев, которое объединяло бы такие возможности, как:

- командная разработка в реальном времени;
- интуитивно понятная система визуального программирования;
- встроенная генерация изображений и аудио через ИИ для упрощения создания сюжетов;
- система версионирования сценариев.

В результате было спроектировано архитектурное решение, которое устраняет указанные ограничения, и предоставляет новые возможности для создания интерактивных сценариев.

Список используемых источников:

1. Сахибгареева Г.Ф., Кугуракова В.В. Прототипирование вариативности сюжета компьютерных игр // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIII Всероссийской научной конференции (20-23 сентября 2021 г., онлайн). — М.: ИПИМ им. М.В.Келдыша. — 2021. — С. 347-360.
2. Петрова А.Н., Яковлев А.С. Анализ программных сред для разработки конструктора уровней в игровых приложениях жанра квест // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению. — 2022. — С. 120-123.
3. Визуальные новеллы | Uwu Novels // Uwu Novels [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://uwunovels.com/> (дата обращения 12.02.2025).

О восприятии информационного содержания, синтезированного из знаковых структур

Родионов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Нестационарная природа волновых процессов, связанная с «перемешиванием» сигналов от множества источников волн, проявляется в невозможности получения стационарной картины их поведения, в особенности речи. Классические методы анализа, такие как Фурье-преобразование, способны лишь предложить один из способов приближения функции, описывающей общий волновой процесс. Но в этой функции сложно выделить и отразить сущности содержания информации, воспринимаемой человеком.

Встает вопрос, как сопоставить характеристики звукового потока с психоакустическими характеристиками восприятия информационного содержания.

К таким характеристикам относятся: громкость, разборчивость речи, тембр, высота тона, естественность, пространственность.

Одним из ключевых психоакустических механизмов, позволяющих человеку разбирать и интерпретировать нестационарные звуки, является минимальные изменения звукового давления, частоты, временных интервалов. Мозг «анализирует» информацию о громкости, высоте и тембре, игнорируя незначительные вариации и ориентируясь прежде всего на те характеристики звука, которые в максимальной степени влияют на понимание речи или узнавание музыкальных паттернов. Это объясняет, почему смысл и узнаваемость могут сохраняться даже при существенных искажениях — для формирования психоакустического образа важны не только абсолютные значения амплитуды и частоты, но и их динамические соотношения.

Чтобы кодировать подобные временные изменения и в то же время экономить объём данных с сохранением количественно-качественных характеристик обратимся к структуре УНИПРИМ состоящую их «характерных точек». В основе этого подхода лежит идея

описывать волну не непрерывным потоком дискретных отсчётов, а рядом опорных точек, между которыми значения амплитуд восстанавливаются с помощью интерполяции. Такой «топологический каркас» даёт возможность как упростить модель (отсесть несущественные детали). С этой целью в рамках эксперимента формировался программно-аппаратный комплекс: сначала записывался исходный голос, который затем анализировался и представлялся в формате структур, проходя процедуру «приведения к топологической первооснове» в некоторых случаях. После этого файл синтезировался обратно в аудиосигнал, и участники оценивали его на основе критериев, описанных выше.

Собранные результаты опроса показали, что даже при структуре, приведённой к топологическому минимуму, сохраняется узнаваемость и понимание речевого содержания, однако возрастает ощущение «искусственности» и снижается субъективная оценка тембра и детализации. В промежуточных вариантах, где структуризация была менее радикальной, характеристики звучания сохранялись на более высоком уровне, что подтверждает гибкость метода: за счёт характерных точек, которыми можно влиять на компромисс между количеством и объёмом данных. Подобные подходы важны для систем речевого синтеза, где требуется создать иллюзию «живого» голоса, а также передачи данных: от мобильной телефонии до аудиокниг и голосовых интерфейсов в условиях ограниченной полосы пропускания.

Перспективы дальнейших исследований лежат в усовершенствовании алгоритмов восстановления сигнала между опорными точками, а также во включении пространственных эффектов, которые особенно значимы для трёхмерного звучания. Разработка этих усовершенствований позволит более точно передавать информацию в различных интерфейсах, используемых в авиационно-космической промышленности. Кроме того, важно учитывать различные возрастные и культурные особенности восприятия: то, что для одной аудитории представляется вполне приемлемым уровнем изменения тембра или громкости, для другой может вызвать заметный дискомфорт. Оптимизация подобных решений открывает широкие возможности в области кодирования аудиосигналов: от более эргономичной телефонной связи до адаптированных систем синтеза, где в перспективе каждый пользователь имеет наилучший синтезированный аудиосигнал.

Список используемых источников:

1. Zwicker E., Fastl H. Psychoacoustics: Facts and Models. – Springer, 1999.
2. Фадеев, М.М. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н.Е. Балакирев, Х.З. Нгуен, М.А. Малков, М.М. Фадеев // Программные продукты и системы. Выпуск №4 (31) – Тверь, 2018 – 768-776 с.
3. Валиулин, А.Ф. Лингвистический метод определения характеристик нестационарных случайных процессов / А.Ф. Валиулин, В.Н. Тюрин // ПАИМС, 2000. – 85 с.

Анализ и программная реализация методов прогнозирования временных рядов на примере анализа финансовых данных

Семенов А.А.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

В настоящее время анализ и прогнозирование финансовых данных играют ключевую роль в принятии инвестиционных решений. Однако многие современные модели прогнозирования финансовых рынков обладают высокой сложностью, и пользователям зачастую сложно понять, на чем основаны их предсказания. Особенно это важно для трейдеров и инвесторов, которым необходимо понимать, какие факторы оказывают влияние на изменение цен и как можно использовать эти данные для эффективного управления капиталом.

Методы анализа временных рядов и прогнозирования рыночных трендов становятся все более востребованными. Подходы к интерпретации финансовых данных и обоснованности прогнозов выходят на первый план, поскольку инвесторы стремятся не только получать сигналы для сделок, но и понимать, почему алгоритмы приходят к тем или иным выводам.

Одним из ключевых факторов успешного прогнозирования является анализ причинно-следственных связей, что позволяет выявлять закономерности между рыночными показателями и прогнозируемыми значениями.

Основная цель данного проекта – разработка приложения для аналитики и прогнозирования финансовых рынков с использованием методов обработки временных рядов. В рамках проекта реализуется эргономичное рабочее пространство, включающее загрузку данных, построение прогнозов, а также визуализацию результатов.

Для построения прогнозов предлагается использование различных методов анализа временных рядов, включая классические статистические модели и более современные подходы, основанные на машинном обучении. Особое внимание уделяется прозрачности прогнозов: пользователи смогут просматривать ключевые факторы, влияющие на предсказания, и оценивать достоверность прогнозных моделей.

Благодаря использованию данного приложения пользователи, особенно с небольшим опытом в сфере инвестирования, смогут получить аналог существующих продуктов с методами прогнозирования временных рядов для работы с финансовыми данными, что дает возможность оценить возможное движение на графике, частично автоматизировать процесс анализа финансового рынка и принять более обоснованное решение.

Список используемых источников:

1. Лоскутов, А.Ю. «Анализ временных рядов». / [Электронный ресурс] // URL: https://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf (дата обращения: 17.12.2024).
2. Попова И.Н., Ковалев В.В. «Анализ временных рядов» (модуль курса «Теория статистики с элементами эконометрики»). Юрайт, 2024.
3. Нильсен, Эйлин. «Практический анализ временных рядов. Прогнозирование со статистикой и машинное обучение». Диалектика, 2021.

Расширение каталога программного модуля параметрического моделирования авторской мебели и усовершенствование интерфейса

Семина А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Часто возникает необходимость повторять заказы на авторскую мебель для других клиентов или вносить изменения в уже выполненные проекты, разработанные более опытными коллегами. Учитывая все эти обстоятельства, процесс создания моделей затягивается дольше, чем хотелось бы.

Был разработан модуль параметрического моделирования авторской мебели с использованием API Компас 3D. Данный модуль требует постоянного расширения каталога сборок для повышения практической значимости разработки.

Из-за растущего количества сборок появилась необходимость переработать старый интерфейс для более удобного выбора модели. Поэтому выбор сборки производится не в окне главной формы, а в дочерней, с изображением параметризируемой мебели.

Все новые сборки были запараметризованы методом внутренней и внешней параметризации с созданием аннотационных размеров.

Новые модели имеют возможность записи в спецификацию с габаритными размерами деталей и выводом материалов предполагаемой заготовки. Создание спецификации начинается через нажатие на отдельную кнопку в интерфейсе и вводом теста с информацией о материале в отведенное окно модуля.

Был расширен каталог за параметризованной мебельной фурнитуры и собран в общую библиотеку для удобного использования в самом Компас 3D. Сама библиотека подключается также легко, как и модуль, что облегчает расчёт и подбор рабочих средств.

Демонстрация параметризации и нового интерфейса была проведена в разработанном модуле на языке C# с использованием API КОМПАС-3D. Для создания новых моделей применялась версия КОМПАС V21.

Список используемых источников:

1. Никонов, В.В. КОМПАС-3D: Создание моделей и 3D-печать: учеб. пособие/ Никонов В.В. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 208 с.
2. Сергей Кузьмин: [канал пользователя] // Youtube: [видеохостинг]. – URL: <https://www.youtube.com/@kzs64/playlists> (дата обращения: 12.10.2022).
3. Сергей Алмазов: [канал пользователя] // Youtube: [видеохостинг]. – URL: <https://www.youtube.com/@user-dz3mc2x14b/videos> (дата обращения: 14.10.2022).
4. Форум пользователей ПО АСКОН / [Электронный ресурс] // КОМПАС-3D : сайт. – Москва, 2010-2023. –URL: <https://forum.ascon.ru/index.php> (дата обращения: 14.09.2022).

Разработка программного обеспечения поддержки принятия решений о материально-техническом обеспечении в системе эксплуатации ЛА

Соколов Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

В современных условиях эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) важной задачей является повышение эффективности управления материально-техническим ресурсом ЛА. Это обусловлено необходимостью обеспечения бесперебойной работы воздушного флота, а также сокращением затрат на эксплуатацию и ремонт ЛА. В представленной научно-исследовательской работе рассматривается разработка и создание имитационной модели использования ЛА в современных реалиях эксплуатации.

Основная цель разрабатываемой модели заключается в моделировании всех ключевых элементов и узлов, влияющих на работоспособность и ресурс воздушного флота. К таким элементам относятся: заводы по производству запасных деталей, технологические центры по восстановлению ресурса деталей, склады, хранящие данные детали, а также маршруты и профили полетов летательных аппаратов, потребляющих данные ресурсы. По всем этим элементам модели ведется сбор статистических данных, анализ которых позволит принимать обоснованные решения по повышению эффективности управления материально-техническим ресурсом ЛА, а также моделировать различные сценарии работы отдельных узлов и системы в целом.

Разработка имитационной модели осуществлена на языке программирования Python, что предоставляет широкие возможности для ее дальнейшего совершенствования и последующей интеграции с существующими системами оценки текущего состояния и ресурса летательных аппаратов.

В дальнейшем для данной модели будет реализована возможность загрузки начального состояния всех элементов системы материально-технического обслуживания ЛА, что позволит проводить более достоверное моделирование различных эксплуатационных сценариев.

Список используемых источников:

1. Шрайбер, Т. Дж. Моделирование на GPSS / Т. Дж. Шрайбер. – М.:Машиностроение. 1980 г. – 593 с.
2. Хахулин Г. Ф. Основы конструирования имитационных моделей. М.:Издательство НПК « Поток . 2002 г . 224 с .
3. Титов Ю.П. Метод поддержки принятия решений и комплекс имитационных моделей для материально-технического обеспечения в системе послепродажного обслуживания авиационной техники военного назначения. 2015 г . [Электронный ресурс]. – URL: <https://mai.ru>.

Исследование инновационной компоновки аддитивной технологической машины

Сутулова А.С.

Научный руководитель — Басова А.Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Аддитивные технологии продолжают стремительно развиваться, входя в рынок машиностроения как быстрая и удобная замена традиционным методам обработки. С развитием 3D-печати улучшается точность, качество и скорость создания деталей любой конфигурации из различных материалов. Однако также появляется необходимость в постоянном совершенствовании компоновки такой аддитивной технологической машины. В данной работе предложена и исследована инновационная компоновка оборудования для 3D-печати, основанная на косозубой передаче типа рейка-шестерня, а также представлены положительные стороны такой компоновки, её особенности и преимущества по сравнению со стандартными типами компоновочных решений в 3D-принтерах.

В качестве привода было выбрано попарное использование косозубой рейки и косозубого колеса для возможности выборки люфта методом предварительного натяга, стягивая шестерни к центру.

Было принято решение сделать направляющие, по которым будут передвигаться каретки с подшипниками, цилиндрическими, чтобы подшипники касались направляющей в одной точке. Использование точечно-контактной роликовой каретки на цилиндрических направляющих имеет ряд преимуществ, таких как низкое трение, высокая точность перемещения, высокая нагрузочная способность, плавность хода и компактность конструкции.

Выбор двигателя был сделан в пользу шагового двигателя с проходным валом. Шаговые двигатели остаются доминирующим выбором для 3D-принтеров благодаря своей доступности, низкой стоимости, простоте управления и высокой точности. Другие типы двигателей либо слишком дороги, либо сложны в управлении, либо не обеспечивают необходимой точности, что делает их непрактичными для массового использования в 3D-печати. Использование такого типа двигателя позволяет синхронизировать вращение шестерен и обеспечить более равномерное распределение нагрузки, при этом увеличив жесткость, повысив точность, уменьшив вибрации. Также данный двигатель компактный, что является плюсом в конструкции 3D принтеров.

Данный привод было решено установить консольно. Это имеет ряд преимуществ, такие как простота настройки и обслуживания, большая рабочая зона, возможность внедрить закрытую конструкцию при необходимости создать благоприятный температурный режим для качественной печати пластиками с большой усадкой. Один из самых больших плюсов – возможность наплавлять материал на крупногабаритные детали. При этом главный минус консольных 3D-принтеров – маленькая жесткость, из-за которой страдают точность и скорость. Но данная проблема в нашем случае решается созданием жесткой конструкцией из направляющей и рейки (в виде рамки).

Перемещение по оси X было решено сделать с одной прямозубой передачей рейка-шестерня, так как попарное использование косозубых реек в данном случае сильно увеличило бы габариты. Люфт в этой передаче устраняется использованием сдвоенной шестерни.

Данная конструкция имеет ряд преимуществ по сравнению со стандартными решениями в 3D-принтерах. Такие как:

Высокая точность: рейка-шестерня обеспечивает точное линейное перемещение, что важно для достижения высокой точности печати.

Надежность: конструкция рейки и шестерни проста и надежна, что снижает риск поломок.

Высокий КПД: передача рейка-шестерня имеет высокий коэффициент полезного действия, что снижает энергопотребление.

Возможность больших усилий: рейка-шестерня способна передавать значительные усилия, что полезно для принтеров с тяжелыми столами или большими рабочими зонами.

Простота обслуживания: конструкция проста в обслуживании и ремонте.

Открытая консольная конструкция: можно наплавлять материал на массивные заготовки, при этом есть возможность закрыть конструкцию защитным кожухом при использовании материалов, требовательных к температуре окружающей среды.

Стол не перемещается: при перемещении исключительно экструдера качество печати возрастает, так как уже напечатанная деталь не двигается. При этом привод перемещает значительно меньшую массу по сравнению со столом (экструдер с двумя соплами весит около 800 г, при этом стол с покрытием и нагревательными элементами весит около 6 кг).

Дешевые составляющие: рейка-шестерня стоит дешевле относительно ШВП.

Легко можно устранить люфт: устранение люфта с помощью регулирования косозубых шестерен натяжением.

Один двигатель на каждую координату: каждая отдельная координата передвигается единственным шаговым двигателем.

В результате исследования была достигнута цель по улучшению привода 3D-принтера со стандартной компоновкой на примере кинематики UltiMaker за счет замены ременных передач и передачи ШВП передачей рейка-шестерня. Были проведены расчеты, подобрана геометрия передачи для достижения необходимой дискретности (0,1 мм), подобран двигатель и создана модель в САД-системе.

Результаты исследования могут быть использованы для проектирования и модернизации 3D принтеров на основе передачи рейка-шестерня, что позволит повысить их точность, жесткость, возможность наплавления материала на крупногабаритных деталях.

Список используемых источников:

1. Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
2. Рожков, Е.И. Расчет конструкции приводов подач металлорежущих станков. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995.
3. Соловьёв И.Н. Технология машиностроения. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

Разработка интернет-сервиса агрегатора стоимости товаров повседневного спроса на основе различных источников данных

Ткач Э.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.
МАИ, Москва

В условиях современного рынка, где потребители стремятся к максимальной экономии и оптимизации своих расходов, создание интернет-сервиса, который агрегирует стоимость товаров повседневного спроса, становится актуальной задачей. Такой сервис позволит пользователям быстро и удобно сравнивать цены на товары из различных источников, что, в свою очередь, способствует более осознанному потреблению и экономии средств.

На первом этапе разработки сервиса необходимо определить его основные функции и целевую аудиторию. Сервис должен предоставлять пользователям возможность поиска и фильтрации товаров по различным параметрам, таким как цена, категория, производитель и место покупки. Для реализации этих функций будет использоваться язык программирования Python, который обладает широкими возможностями для работы с данными и интеграции с различными API [1].

Одним из ключевых аспектов разработки является парсинг данных с веб-сайтов различных ритейлеров. Для этого будет применяться библиотека Selenium, которая позволяет автоматизировать взаимодействие с веб-страницами и извлекать необходимую информацию [2]. Использование Selenium обеспечит гибкость в сборе данных, так как многие сайты имеют динамическое содержимое, которое требует взаимодействия с элементами страницы.

Сбор данных будет осуществляться в режиме реального времени, что позволит пользователям получать актуальную информацию о ценах на товары. Однако, необходимо учитывать, что парсинг данных с веб-сайтов может быть ограничен правилами

использования этих сайтов, поэтому важно заранее изучить условия и обеспечить соблюдение правовых норм.

Кроме того, для повышения удобства использования сервиса, планируется разработка интуитивно понятного интерфейса, который позволит пользователям легко находить нужные товары и сравнивать их цены. Важно также предусмотреть возможность оставлять отзывы и оценки на товары, что поможет другим пользователям в принятии решения о покупке.

Существующие решения на рынке часто имеют ограниченный функционал и не всегда предоставляют пользователям актуальную информацию о ценах. Разработка комплексного агрегатора, который будет учитывать данные из различных источников и предоставлять пользователям возможность сравнения цен, позволит заполнить этот пробел и повысить уровень удовлетворенности потребителей.

Таким образом, создание интернет-сервиса агрегатора стоимости товаров повседневного спроса на основе различных источников данных является важной задачей, которая требует комплексного подхода к разработке и реализации. Использование современных технологий, таких как Python и Selenium, позволит создать эффективный инструмент для пользователей, способствующий оптимизации их расходов [3].

Данную программу есть возможность внедрить в авиационно-космической промышленности для поиска оптимальной цены на запчасти для технических сооружений, что позволит удешевить производство и увеличить маржинальность.

Список используемых источников:

1. Python Software Foundation. Python Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата обращения: 25.10.2023).
2. Selenium Developers. Selenium Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.selenium.dev/documentation/en/> (дата обращения: 25.10.2023).
3. oxyllabs, How to Build a Price Tracker With Python. [Электронный ресурс]. URL: <https://oxyllabs.io/blog/how-to-build-a-price-tracker> (дата обращения: 25.10.2023).

Разработка методов извлечения информационного содержания для распознавания фонем и звуков нот

Швецов И.А., Шлапаков Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Цель данной работы заключается в разработке программного продукта, который с использованием качественного подхода, методов структуризации звукового потока и получаемых количественных и качественных характеристик выделяемых фрагментов будет автоматически определять и распознавать информационное содержание участков со значением амплитуд, содержащих информацию о гласных фонемах и звуках нот. Это позволит построить и отработать механизм сопоставления определенного набора параметров варьирования характеристик с конкретными характеристиками анализируемого потока данных. Это позволит выделить с высокой степенью вероятности совокупные фрагменты, имеющие определенное информационное содержание, зависящее от выбранных параметров.

В основе структуризации звукового потока лежит теоретическая основа, которая базируется на системе отношений. Структурное представление звукового потока позволяет получить достаточно богатый набор характеристик, отражающий как количественные, так и качественные стороны волнового процесса [2]. На основании этих характеристик можно сопоставлять их значение с информационным содержанием конкретных фонем и звуков нот.

Для решения данной задачи предполагается применение инструментального комплекса «Система обеспечения извлечения информационного содержания волн», который включает в себя набор инструментов, позволяющих вручную выделять фрагменты, интересующие нас участки звукового потока, и на основе разрабатываемых процедур получать широкий набор количественных и качественных характеристик, характеризующие эти участки [3].

Систематизация характеристик и установление значений параметров их разброса, в пределах которых могут изменяться вышеуказанные характеристики, позволяет уже в автоматическом режиме выделять такие участки. Такой разброс будет фиксироваться в виде допустимых параметров. Алгоритм извлечения информационного содержания состоит из следующих шагов:

1. Выбор характерных элементов, именуемых как характерные точки, определяющих общий каркас информационного содержания.

2. На основе характерных точек формирование первичных структур, описывающих этот поток через систему отношений, с сохранением количественных показателей волнового процесса.

3. Формирование фиксированных фрагментов с получением количественных и качественных характеристик в виде описателей таких фрагментов.

4. Эмпирическое выделение совокупных фрагментов на основе анализа осциллограммы потока данных на основе информационного содержания.

5. Получение совокупных характеристик относительно выделенных участков.

6. Назначение параметров через анализ и обобщение множества полученных совокупных характеристик, относящихся к одному и тому же информационному содержанию для множества вариантов рассматриваемых совокупных фрагментов [4].

7. Реализация алгоритма и процедуры объединения последовательности фиксированных фрагментов в совокупные фрагменты с учетом значений характеристик, удовлетворяющих назначенным параметрам.

Подобное решение позволит создать базу данных параметров для автоматического выделения участков потока с указываемым, определенным информационным содержанием.

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.

4. Фрагментация потока данных для назначения информационного содержания (Сергеев И.С., Родионов В.С., Балакирев Н.Е., Бачурин Д.Ю.) «Авиация и космонавтика», С. 153-154.

Кроссплатформенное программное обеспечение администрирования распределенных нереляционных баз данных

Шестакина А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Современные информационные системы, работающие с большими объемами данных, требуют высокоэффективных решений для их хранения и обработки. В связи с этим широкое распространение получили нереляционные системы управления базами данных (NoSQL СУБД) [1], которые обеспечивают высокую отказоустойчивость и масштабируемость в распределенной среде. Однако администрирование и управление такими СУБД представляют собой сложную задачу, требующую специализированных инструментов.

На данный момент существует ограниченное количество инструментов для администрирования Apache Cassandra, которые либо являются проприетарными, либо не обладают достаточной функциональностью. Многие из них привязаны к конкретной операционной системе, что усложняет их использование в кроссплатформенных проектах.

Основной целью разработки является создание кроссплатформенного программного обеспечения для администрирования Apache Cassandra. Оно должно включать в себя удобные инструменты для выполнения таких операций, как управление кластерами, работа с таблицами и данными, логирование, управление пользователями и настройка прав доступа. Также должна быть предусмотрена возможность подключения к разным кластерам для обеспечения гибкости работы в распределенной среде. При этом особое внимание необходимо уделить удобству использования, поддержке различных операционных систем и обеспечению отказоустойчивости.

Для реализации данного программного обеспечения использованы JavaScript (React), Node.js и Electron, что позволило создать удобный графический интерфейс, а также обеспечить его работу на различных платформах без необходимости установки дополнительных зависимостей. Разработка ориентирована на простоту использования, интуитивно понятный интерфейс и поддержку всех необходимых операций администрирования.

В результате создано кроссплатформенное программное обеспечение, позволяющее администраторам баз данных эффективно управлять кластерами Apache Cassandra, выполнять базовые операции и упрощать процесс работы с данной СУБД. Решение устраняет необходимость использования сложных командных интерфейсов, делает процесс администрирования более удобным и снижает порог вхождения для специалистов, работающих с данной СУБД.

Список используемых источников:

1. Khan W., Kumar T., Zhang C., Raj K., Roy A. M., Luo B. SQL and NoSQL Database Software Architecture Performance Analysis and Assessments – A Systematic Literature Review // Big Data and Cognitive Computing. — 2023. — Vol. 7, No. 2. — P. 97.

Разработка концептуальной лингвистической модели как основа упорядочения понятийного аппарата для поиска информации в предметной области

Шестихин Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Обращение к глоссарию связано с необходимостью освоения терминологии в конкретной предметной области. Однако понятие, изолированное от контекста модели предметной области, может привести к его искаженному пониманию [1, с. 63].

Предполагается, что сущность предметной области, рассматриваемая как объект, включена в информационную цепочку: объект с его характеристиками (свойства, признаки, отношения), их отображение в виде образа, формулирование лингвистической модели анализирующего субъекта и обобщенная лингвистическая модель, прошедшая апробацию через коммуникацию субъектов. Следствием этого процесса являются термины и понятия, формирующие каркас научной теории или методов в практической деятельности.

В условиях стремительного развития и усложнения технологических сфер одной из ключевых проблем становится скорость и трудность освоения и унификации терминологии. Традиционные подходы к организации глоссариев (алфавитный порядок, организация по авторам или тематическим разделам [2, с. 47]) не обеспечивают необходимую контекстуальность, что особенно актуально для научных исследований с постоянно обновляющейся терминологией.

Предлагается система сопровождения предметного глоссария (ССПГ), основанная на обобщенной концептуальной лингвистической модели, представленной в форме графа. Термины организуются в виде узлов графа, а связи между ними – в виде ребер с маркировкой, отражающей типы отношений. Модель позволяет структурировать термины в соответствии с концептуальной моделью предметной области.

В отличие от традиционных подходов, предлагаемое решение фокусируется на функциональной взаимосвязанности терминов и их единстве в рамках конкретного

обобщенного объекта, что делает модель более адекватной для восприятия и познания окружающего мира.

Разрабатываемая система должна обеспечивать:

- динамическое обновление терминов и их определений;
- логическую связанность терминов и понятий;
- эффективный поиск и навигацию по глоссарию;
- визуализацию связей между терминами;
- экспорт глоссария в форматы Word и JSON.

Предложенный подход ускоряет освоение терминологии в научных исследованиях, обеспечивая контекстуальность, динамичность и структурированность глоссария. Система применима в различных предметных областях, включая обработку звуковых волн и анализ сейсмических данных.

Список используемых источников:

1. Гу Хунфэй, Чоу Шини. Влияние контекстуальности текста на русско-китайский устный перевод и исследования соответствующей стратегии // Вестник Московского университета. Серия 22. Теория перевода. 2022 г. С. 59 – 71.
2. Алексеева Е.В., Быстрова Т.Ю. Глоссарий терминов индустриального наследия: методология создания // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2021 г. С. 46–50.

Применение линейных моделей для прогнозирования нагрузки на сервер веб-приложения с целью его масштабирования

Шнырева Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Веб-приложения широко применяются в сферах бизнеса, образования, развлечений и т. д. С увеличением числа пользователей и функциональности приложений растет нагрузка на серверы, что требует эффективного управления вычислительными ресурсами. Несоответствие объема выделенных ресурсов нагрузке может привести к простоям, потере клиентов и ухудшению репутации компании [1], в связи с чем веб-приложения должны быть готовы к своевременному масштабированию.

В работе рассматривается метод оценки и прогнозирования нагрузки на сервер веб-приложения на основе линейных моделей для поддержки заданного количества пользователей, учитывающий вероятностное распределение запросов к конечным точкам API.

Представленный метод позволяет рассчитать ожидаемый уровень нагрузки на веб-сервер при увеличении объема пользователей. На первом этапе путем экспертных оценок определяются вероятности обращений пользователей к разным конечным точкам, на основе чего оценивается потребление ресурсов каждой из них. Затем, используя линейную модель, учитывающую весовые коэффициенты вероятностей вызовов, вычисляется суммарная нагрузка при увеличении заданного количества пользователей. Для оценки полученной модели проводится нагрузочное тестирование с помощью инструмента Locust, позволяющего имитировать реальный поток запросов пользователей и фиксировать использование процессорных ресурсов в зависимости от заданных условий [2]. Полученные экспериментальные данные сравниваются с прогнозами линейной модели, что позволяет оценить точность метода.

Результаты показывают, что предложенный метод позволяет спрогнозировать необходимое количество вычислительных ресурсов для обеспечения стабильной работы веб-приложения. Приведены оценки качества разработанной модели. Рассматривается применение метода для решения прикладных задач.

Список используемых источников:

1. Кандуко М. Х., Медведев Ю. С., Терехов В. В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная. – 2015. – С. 148-152.

2. Бевзенко С. А. Процесс автоматизации нагрузочного тестирования веб-систем: основные аспекты //Universum: технические науки. – 2023. – №. 8-1 (113). – С. 20-22.

Анализ методов автоматизированной генерации документации к проектам в веб-разработке

Элькинсон М.Л.

Научный руководитель — Александрова С.С.

МАИ, Москва

В современной веб-разработке существует потребность в автоматизации создания и снижении трудозатрат на поддержание актуальности документации к проекту. Существуют фреймворки и программное обеспечение для генерации документации к веб проектам, имеющие разный функционал, что создаёт определённые трудности для дальнейшей поддержки веб проектов.

Целью работы является анализ существующих решений проблемы автоматизированной генерации документации и систематизация практического опыта создания и применения программного обеспечения для генерации и поддержки документации веб проектов.

Научное исследование основывается на анализе существующих фреймворков и программного обеспечения для документирования веб проектов, таких как Sphinx, Jupyter Notebooks, GitBook, Asciidoc и др.

В ходе анализа существующего программного обеспечения для автоматического создания документации к веб проектам в большинстве фреймворках была выявлена тенденция к созданию универсального функционала для решения широкого круга задач. Однако проанализированные фреймворки не дублируют функционал своих аналогов. Каждый фреймворк имеет уникальные функции, решающие конкретные задачи, которые могут не охватываться другими фреймворками.

Вывод: современные решения в сфере автоматизированного документирования веб проектов охватывают обширный спектр задач. Однако, в отдельности являются узконаправленными инструментами. Данный факт, требует использования сразу нескольких фреймворков для комплексного документирования одного проекта, что приводит к сложностям поддержки документации для промышленных веб-сервисов.

Список используемых источников:

1. Sphinx Documentation Release 8.3.0 / the Sphinx developers – Feb 24, 2025 – 697 p.
2. О выборе мультимодельной системы управления базами данных / В. М. Алдошин, О. М. Ромакина, К. З. Билятдинов, Г. К. Жуков //Вестник воздушно-космической обороны. – 2024. – № 1(41). – С. 93-99. – EDN OHJREC.
3. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ВЕБ-ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ, НАПИСАННЫХ НА ФРЕЙМВОРКЕ ANGULAR / ВАХРАМОВ С.В. // ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, Российская Федерация – 2020. – № 3(12) – С. 115-120.
4. Jupyter Notebook Documentation Release 5.0.0.dev / <https://jupyter.org> – February 08, 2016 – 52 p.

Высокоэффективная отрисовка данных в сфере геоинформационных технологий

Юсупов Т.М.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

Современные геоинформационные системы (GIS) требуют высокоэффективных методов визуализации, поскольку работа с большими объёмами пространственных данных в реальном времени остаётся сложной задачей. Оптимизация рендеринга играет ключевую роль в снижении вычислительных затрат и обеспечении плавности отображения. В данной работе рассматриваются подходы к ускорению отрисовки геоанных в среде Unity, включая адаптивную детализацию, параллельные вычисления и низкоуровневую оптимизацию кода.

Хотя Unity не является стандартом в GIS, его возможности для работы с 3D-графикой и взаимодействия с данными делают его перспективной платформой для разработки визуализаций геоданных. Важную роль в ускорении рендеринга играет использование адаптивной детализации (Level of Detail, LOD), позволяющей уменьшать вычислительную нагрузку за счёт динамического изменения уровня детализации объектов. Также рассматривается применение Clrmap для оптимизированной загрузки и отображения больших текстурных данных.

Отдельное внимание уделено работе с векторными данными, которые представляют собой важную часть геоинформационных систем. Их рендеринг требует особых методов, так как классические подходы, используемые для растровых данных, не всегда применимы. Использование процедурных алгоритмов и буферизации векторных данных позволяет значительно повысить производительность и снизить нагрузку на процессор.

Для максимального ускорения вычислений применяются параллельные вычисления и низкоуровневый контроль над обработкой данных. Burst-компилятор в Unity позволяет значительно увеличить скорость выполнения критичных к производительности участков кода за счёт автоматической векторизации и оптимизации инструкций. GPU-ускорение играет важную роль в перераспределении вычислительной нагрузки, а многопоточная обработка данных улучшает отзывчивость системы.

Предложенные методы позволяют добиться высокой скорости рендеринга и эффективного использования ресурсов, обеспечивая плавную работу GIS-приложений даже при обработке больших массивов данных. Эти подходы открывают новые возможности для создания интерактивных систем визуализации пространственных данных с высокой детализацией и производительностью.

Список используемых источников:

1. Цветков В. Я., Буравцев А. В. Облачные вычисления для больших геопро пространственных данных [Электронный ресурс] // Доступ: https://infokosmo.ru/ru/article/16781/oblachnye_vychisleniya_dlya_bolshih_geoprostranstvennyh_dannyh/, свободный. – (Дата обращения: 26.02.2025).
2. Кушнарёв В. В. Спутниковая навигация в туризме // Вестник Бурятского государственного университета. – 2009. – № 4. – С. 53-56.
3. Terrain Rendering Using GPU-Based Geometry Clipmaps [Электронный ресурс] // GPU Gems 2. – Доступ: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems2/part-i-geometric-complexity/chapter-2-terrain-rendering-using-gpu-based-geometry>, свободный. – (Дата обращения: 26.02.2025).

Методы повышения производительности логистической системы с помощью инструментов Vue.js

Ярулин Э.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семенов Г.Е.

МАИ, Москва

Одной из особенностей информационных систем является высокое требование к скорости клиент-серверных взаимодействий. Пользователи выполняют большое количество запросов, и система должна своевременно их принимать, обрабатывать и показывать готовые данные. С точки зрения фронтенд технологий оптимизация этих процессов сосредоточена на клиенте – интерфейсе системы, и эту оптимизацию можно разделить на две основные категории: улучшение отрисовки самой страницы и оптимизация клиент-серверных запросов. Для решения этих задач принято использовать фронтенд фреймворки, которые предлагают разные пути повышения производительности веб-приложений.

Целью данной работы является применение фреймворка Vue.js для улучшения работоспособности логистической системы. Использоваться, при этом, будет не сам Vue.js, а её фулл-стэк версия Nuxt.js. Основным преимуществом фулл-стэк фреймворков является более оптимальное использование фронтенд-сервера, который берет на себя значительную часть работы по отрисовке страницы и обработке запросов.

Как и другие фреймворки, Nuxt.js позволяет использовать разные режимы рендеринга страниц. По умолчанию применяется универсальный рендеринг, схожий с серверным, при котором веб-сервер компилирует код в готовый html-документ, который затем рисует браузер. После этого браузер повторяет процедуру компиляции, наполняя страницу интерактивностью. Данный подход предпочтителен, поскольку сервер справляется с первичной отрисовкой лучше, чем браузер, и наличие исходного документа лучше сказывается на индексации сайта в поисковых системах. В случае Nuxt.js, выбор режима происходит за счет изменения конфигурации проекта, но в распоряжении разработчика также существует ряд плагинов и функций, позволяющих напрямую влиять на рендеринг и метаданную страниц.

Другим аспектом производительности системы являются запросы. В условиях разрабатываемой системы клиент часто обращается к серверу за данными, при этом нередко запросы повторяют друг друга (например, при повторном открытии карточки одного и того же товара). В этом случае полезно применение кеширования, при котором данные запросов останутся на сервере и не будут запрошены повторно. Сохраненные запросы, при этом, могут располагаться в отдельных хранилищах, доступных в любой точке приложения. Целью данного сегмента работы является сравнение разных библиотек, отвечающих за запросы, и анализ их влияния на общую работоспособность системы. Основными выбранными инструментами являются TanStack Query и Pinia Colada, а также дополнительные плагины в окружении Nuxt.js.

Отправной точкой работы является часть логистической системы, написанной на чистом Vue.js без применения специального инструментария. Сравнение оптимизированной версии с исходной проведено с помощью браузерных профайлеров, наблюдения за интернет-трафиком и Nuxt DevTools в комплекте с плагином Pinia.

Список используемых источников:

1. Флэнаган Д. JavaScript : Подробное руководство / Д. Флэнаган; перевод с английского А. Киселева. – 6-е изд. - СПб.:М. : Символ-Плюс, 2013. – 1080 с. : ил. – Тит. л. на рус. и англ. яз. JavaScript. На обл.Создание активных веб-страниц. – Flanagan David. – ISBN 978-5-93286-215-5.
2. JavaScript. Оптимизация производительности / Н. Закас; перевод с английского А. Киселева. – СПб.:М. : Символ-Плюс, 2013. – 254 с. : ил. – (Создание веб-приложений с быстрым интерфейсом). – Тит. л. на рус. и англ. яз. – ISBN 978-5-93286-213-1.

Секция №3.5 Современные электротехнические комплексы и прикладная сверхпроводимость

Применение трансформаторных датчиков тока и напряжения для измерения параметров сети переменного напряжения

Аксенов А.А.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

Для управления и подачи питания к шкафам серверного оборудования применяются устройства – блоки распределения питания (в том числе интеллектуальные).

Интеллектуальный блок распределения питания (БРП) – это устройство, обеспечивающее питание, подключаемых к нему потребителей, а также, контроль и мониторинг параметров проходящей через него электроэнергии, обработку сигналов с датчиков температуры и влажности, состояний датчиков «сухой контакт» и др. [1].

БРП подключается к трехфазной сети питания и распределяет его на три однофазных линии. Каждая линия обеспечивает несколько групп розеток (потребителей).

В рамках НИР, проводимой НИО-701, разрабатывается опытный образец интеллектуального БРП, который должен обеспечивать непрерывный контроль параметров каждой из однофазных линий. Среди этих параметров – переменное напряжение и ток.

Задачей, решаемой в этой работе, является корректное измерение указанных выше параметров сети.

В качестве измерителей были использованы трансформаторные датчики тока и трансформаторы питания. Сигнал в форме переменного напряжения от их вторичных обмоток передается через промежуточные компоненты (выпрямители напряжения, операционные усилители и др.) на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) микроконтроллера БРП.

Преимуществами такого решения являются гальваническая развязка измерительной цепи от цепи с высоким напряжением и током [2], а также, возможность измерения больших токов.

Однако, у таких датчиков есть существенный недостаток – нелинейность характеристики выходного сигнала на диапазоне измеряемых величин. А также, из-за погрешностей в изготовлении датчиков внутри партии, форма характеристики для каждого из них немного отличается. Вследствие влияния этих факторов, невозможно сразу получать значения напряжения или тока с датчиков с приемлемой точностью.

В работе предлагается методика устранения этих недостатков путем проведения корректировки выходного сигнала датчиков с помощью корректирующей функции.

Изменение величины такого сигнала на диапазоне измерений описывает некоторую нелинейную функцию, которая в результате корректировки должна быть преобразована в функцию, по форме, приближенную к прямолинейной. Для этого, к данной нелинейной функции требуется применить функцию корректировки (в БРП эти вычисления выполняются на встроенном микроконтроллере).

Вследствие влияния не контролируемых факторов (например, таких как наводки, неточность параметров других элементов устройства или изменение температуры компонентов) невозможно найти математическую функцию, точно описывающую выходной сигнал датчика, поэтому, корректирующая функция аппроксимируется некоторой полиномиальной функцией [3]. В целях повышения точности измерений, численные коэффициенты в функции корректировки подбираются для каждого датчика индивидуально.

Качество корректировки, а, следовательно, точность измерений, оценивается величиной отклонения (вычисляемой в %) значений, измеряемых датчиками напряжения или тока БРП, от показаний поверенного измерительного прибора (вольтметра или амперметра). При этом стоит учесть собственную точность применяемого измерительного прибора. Для

достоверных результатов корректировки точность прибора должна быть на несколько порядков выше требуемой точности измерений датчиков [4].

В результате проведения работы, для опытного образца интеллектуального БРП был реализован функционал измерения переменного напряжения и тока на каждой из его однофазных линий. Точность измерений проверялась с использованием предоставленных заказчиком измерительных приборов.

Список используемых источников:

1. БРП с интеллектом [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/513756/> (дата обращения 26.02.2025).

2. Сухов Д.В., Шевцов Д.А., Шишов Д.М., Сотников И.А. Принципы построения трансформаторных датчиков для измерения постоянных, переменных и импульсных токов // Электричество, 2019, No 9, с. 50–56, DOI:10.24160/0013 5380 2019 9 50 56.

3. М. М. Степанов, Н. Н. Потапова, Т. В. Ерещенко Аппроксимация функций Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Информатика» // Волгоград ВолгГАСУ, 2012, URL: <https://vgasu.ru/attachments/aproximacia.pdf> (дата обращения: 26.02.2025).

4. А.Н. Ларионов, В.В. Чернышёв, Н.Н. Ларионова Погрешности измерения физических Величин Учебное пособие для вузов // Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета 2009. [Электронный ресурс]. — URL: https://phys.vsu.ru/~meremianin/pdfs/Metodichka_lablab_8a.pdf (дата обращения: 25.02.2025).

Симметрирование двуполярного выходного напряжения трехфазных корректоров коэффициента мощности для перспективных авиационных систем электроснабжения

Алексеев А.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

В настоящее время наряду с использованием известных авиационных систем электроснабжения (СЭС), к которым относятся системы постоянного тока, переменного тока постоянной и переменной частоты и другие, существуют концепции перспективных авиационных СЭС. Одной из таких систем является СЭС постоянного тока с повышенным двуполярным выходным напряжением ± 270 В. Существующий стандарт на авиационные СЭС предъявляет довольно высокие требования к качеству потребляемой электроэнергии. В этой связи, для реализации такой системы возникает необходимость использования управляемого выпрямительного устройства – трехфазного четырехпроводного корректора коэффициента мощности (ККМ) с двуполярным выходным напряжением постоянного тока. Трехфазный ККМ выполняет функции преобразования трехфазного напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока, повышения и стабилизации напряжения, обеспечения двуполярного напряжения, обеспечения требуемого качества потребляемой электроэнергии. Известно, что потребляемая мощность на борту изменяется в зависимости от циклограммы полета летательного аппарата. Из-за этого при использовании двуполярного выходного напряжения ± 270 В относительно нейтралы возникает необходимость симметрирования напряжения при несимметрично потребляемой мощности подключенной нагрузки. Данная работа посвящена разработке и исследованию методов симметрирования двуполярного выходного напряжения трехфазных ККМ при несимметричной нагрузке. 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. G. Buticchi, S. Bozhko, M. Liserre, P. Wheeler, and K. Al-Haddad. On-board microgrids for the more electric aircraft - Technology review. IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 66, no. 7, pp. 5588–5599, 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2881951.

3. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.

4. J. W. Kolar, T. Friedli. The Essence of Three-Phase PFC Rectifier Systems - Part I. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 28, No. 1, pp. 176-198, January 2013. DOI: 10.1109/TPEL.2012.2197867.

Структура и свойства сверхпроводящего соединения MgB_2 в зависимости от содержания Dy_2O_3

Анищенко В.В., Дихтievская К.К.

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

НИТУ МИСИС, АО «ВНИИМ», Москва

Диборид магния (MgB_2), сверхпроводимость которого открыта в 2001 году группой во главе с японским ученым Акимитцу [1], выделяется среди материалов для создания технических сверхпроводников благодаря высокой температуре перехода в сверхпроводящее состояние ($\sim 39K$), широкой вариации методов получения и доступности исходных компонентов. Спектр применения сверхпроводников на основе диборида магния может быть весьма разнообразен: от аппаратов магнитно-резонансной томографии, линий электропередач и гибридных магистралей до магнитных систем для ускорителей частиц и термоядерных реакторов.

В настоящее время особое внимание уделяется легированию MgB_2 [2,3], как методу увеличения токонесущей способности материала благодаря сравнительной простоте реализации и возможности направленного изменения кристаллической структуры. Согласно обзорной работе [4], введение редкоземельных элементов позволяет увеличить количество центров пиннинга флюксоидов (квантов магнитного потока) за счет их локализации на примесных и вторичных фазах в зёрненной структуре материала, что способствует повышению плотности критического тока и устойчивости в сильных магнитных полях.

В работе представлены результаты исследования сверхпроводящего соединения MgB_2 с легирующим компонентом в виде оксида диспрозия Dy_2O_3 . В результате работы было определено влияние легирования оксидом диспрозия на сверхпроводящие свойства MgB_2 — плотность критического тока, критическую температуру и устойчивость в высоких магнитных полях.

Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий создания сверхпроводящих материалов на основе MgB_2 для применения в магнитных и энергетических системах.

Список используемых источников:

1. J. Nagamatsu, N. Nakagawa, T. Muranaka, Y. Zenitani, J. Akimitsu. Nature 410, 63 (2001).
2. Rakov D.N., Vorobieva A.E., Konovalov P.V., Kotova E.V., Belotelova Yu.N., Polikarpova M.V. Influence of Carbon Doping on MgB_2 Superconducting Properties // Phys. Procedia. 2012. V. 36. P. 1480–1485.
3. Тонкая структура MgB_2 , легированного Y и Gd / Е. И. Кузнецова, Т. П. Криницина, Ю. В. Блинова, А.С. Цаплева и др. // Физика металлов и металловедение. – 2022. – Т. 123, № 9. – С. 978-985.
4. Сверхпроводники на основе MgB_2 : структура и свойства / Т. П. Криницина, Е. И. Кузнецова, М. В. Дегтярев, Ю. В. Блинова // Физика металлов и металловедение. – 2021. – Т. 122, № 12. – С. 1271-1295.

Исследование теплопроводности ВТСП-композитов и сборок на их основе

Балакина М.В., Малявина А.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Покровский С.В.

МИФИ, Москва

Высокотемпературные сверхпроводники на основе соединения $ReBCO$ используются в виде композитных ВТСП-лент, имеющие слоистую архитектуру. Применение сверхпроводников реализуется в таких устройствах как сверхпроводящие кабели [1],

высокополевые магниты [2], сверхпроводящие накопители энергии [3]. Эффективность таких устройств на прямую зависит от реализации системы охлаждения. Также необходимо учитывать тепловые свойства ВТСП-лент для анализа процессов, приводящих к переходу сверхпроводника в нормальное состояние.

Во многих сверхпроводящих устройствах используются многослойные обмотки, что приводит к необходимости рассматривать не только теплопроводность вдоль ленты, а также процессы передачи тепла между лентами в стопках и между слоями лент.

В рамках данного исследования проведены измерения теплопроводности в поперечном направлении для многослойных стопок, состоящих из ВТСП-лент, изготовленных компанией «С – Инновации». Исследуемые ленты имеют ширину 4 мм и характеризуются критической температурой перехода в сверхпроводящее состояние, равной 92 К. Образцы представляют собой стопки, состоящие из различного количества ВТСП-лент, которое варьировалось от 5 до 10. Стопки изготавливались по двум различным технологиям: с помощью спайки и с помощью склейки. Для образцов, изготовленных по технологии склеивания, были использованы различные виды эпоксидного клея, с добавлением различных теплопроводящих включений.

Для реализации исследования была спроектирована, изготовлена и автоматизирована экспериментальная установка для измерения поперечной теплопроводности в широком температурном диапазоне от 50 до 150 К. Учет теплопроводности контактов был реализован с помощью калибровочного образца из чистого индия.

В результате исследования сделаны выводы о коэффициенте теплопроводности для ВТСП-стопок с различной толщиной и для стопок, собранных по различным технологиям, а также проанализирована эффективность различных видов клея и теплопроводящих включений. Спаянный образец из 10 лент имеет значение поперечного коэффициента теплопроводности на 20% меньше, чем для спаянный образца из 5 лент. Это объясняется тем, что в случае более тонкой стопки в образце меньше сверхпроводящих слоев, имеющих низкое значение коэффициента теплопроводности в поперечном направлении. Сравнение образцов, изготовленных по различным технологиям, показывает, что для спаянных образцов поперечный коэффициент теплопроводности на 2 порядка выше, чем для склеенных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00394, <https://rscf.ru/project/23-19-00394/>.

Список используемых источников:

1. Wang M. et al. A Novel Aluminum-Stabilized Stacked REBCO Tape Cable //IEEE Transactions on Applied Superconductivity. – 2024. – Т. 34. – №. 4. – С. 1-9.
2. Park H. et al. Design and Performance Analysis of Gradient Coil for High-Field HTS REBCO MRI Magnet //IEEE Transactions on Applied Superconductivity. – 2024. – Т. 34. – №. 5. – С. 1-5.
3. Jubleanu R., Cazacu D. Design and Numerical Study of Magnetic Energy Storage in Toroidal Superconducting Magnets Made of YBCO and BSCCO //Magnetochemistry. – 2023. – Т. 9. – №. 10. – С. 216.

Проблемы проектирования стабилизированных повышающе-понижающих преобразователей электроэнергии с двухполярным выходным напряжением

Волонин М.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Асташев М.Г.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

На сегодняшний день солнечная энергетика развивается очень быстрыми темпами, затрагивая всё большие области применения. Так, например, необходимость работать с солнечной энергией возникает в аэрокосмической отрасли, в электротранспорте, а также в инфраструктуре городов. Одним из популярных решений является установка солнечных панелей для бытового использования в частных домах. При этом для бытовых целей необходимо обеспечить преобразование электроэнергии солнечной батареи в

электроэнергию переменного напряжения с параметрами бытовой сети 230 В и 50 Гц. Однако одной из проблем, с которыми сталкиваются разработчики преобразовательных устройств для солнечной энергетики, является широкий диапазон изменения выходного напряжения солнечной батареи в зависимости от таких внешних параметров, как интенсивность солнечного света и температура. В том случае, когда нижняя граница напряжения солнечной батареи существенно меньше амплитудного напряжения сети, наиболее целесообразным является использование двухкаскадной структуры. При этом инвертор работает от стабилизированного выходного напряжения преобразователя постоянного напряжения (ППН), передавая в бытовую сеть ток, синфазный с сетевым напряжением. ППН обеспечивает стабилизацию входного напряжения инвертора на уровне, превышающем амплитудное напряжение сети, например $360 \div 400$ В.

Исходя из этого, к ППН в данной структуре предъявляются следующие требования:

- работа с широким диапазоном входных напряжений;
- формирование двухполярного выходного напряжения при работе на симметричную нагрузку;
- возможность работы в повышающе-понижающем режиме;
- обеспечение гальванической развязки не обязательно.

В докладе предлагается сравнительный анализ структур, удовлетворяющих данным требованиям.

Список используемых источников:

1. А. Г. Поликарпов, Е. Ф. Сергиенко. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. М.: «Радио и связь», 1989. – 160 с.
2. В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Москва: Техносфера, 2005. — 632 с.

Способы снижения энергетических затрат системы облучения светокультуры при производственном выращивании растений

Габдулхаков А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Сторчевой В.Ф.

МАИ, Москва

Современное производственное выращивание растений требует значительных энергетических ресурсов, особенно в условиях светокультуры, где искусственное освещение играет ключевую роль. Однако высокая стоимость электроэнергии и экологические аспекты стимулируют поиск решений для снижения энергозатрат. Одним из перспективных направлений является оптимизация спектрального состава излучения, что позволяет повысить эффективность фотосинтеза и снизить потребление энергии.

Использование светодиодных источников света: Современные светодиоды обладают высокой энергоэффективностью и позволяют точно регулировать спектр излучения, что способствует снижению энергопотребления.

Адаптивное управление спектром: Регулирование спектральной характеристики в зависимости от фазы роста растений (вегетация, цветение, плодоношение) позволяет минимизировать избыточное излучение и снизить энергозатраты.

Интеллектуальные системы контроля: Внедрение датчиков и автоматизированных систем управления освещением обеспечивает оптимальное использование энергии за счет адаптации к текущим условиям выращивания.

Экспериментальные исследования показали, что применение предложенной системы позволяет снизить энергозатраты на 22% без ущерба для урожайности. Оптимизация спектрального состава излучения способствует увеличению эффективности фотосинтеза, что положительно сказывается на росте и развитии растений.

Регулирование спектральной характеристики электромагнитного поля в системе облучения светокультуры является эффективным способом снижения энергетических затрат. Внедрение современных технологий, таких как светодиодное освещение и интеллектуальные системы управления, позволяет не только экономить энергию, но и

повышать урожайность растений, что делает их перспективными для использования в производственном выращивании светокультуры.

Список используемых источников:

1. Беляев, С. Ю. «Физиология растений: основы световой регуляции и фотосинтеза». Москва: Издательство МГУ, 2019.
2. Гаврилов, В. В., и другие. «Управление микроклиматом в теплицах: современные подходы». Агропромышленный вестник, 2021, №4, с. 45–58.
3. Коновалов, А. А., и Кузьмина, Н. И. «Светодиодное освещение в сельском хозяйстве: принципы и практика». Издательство «Лань», Санкт-Петербург, 2020.

Исследование характеристик электрической машины с магнитопроводом сложной формы из магнитомягкого композитного материала

Качанов И.М.

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

МАИ, Москва

Магнитомягкие композитные материалы (SMC – Soft Magnetic Composite) представляют собой частицы из порошков материалов с высокой магнитной проницаемостью, таких как FeSi, или FeCo. На частицы порошка наносят покрытие из органического или неорганического материала, которое обеспечивает высокое электрическое сопротивление. К порошку с покрытием при необходимости добавляют связующее, а затем прессуют в твердый материал необходимой формы с помощью штампа и подвергают термообработке для отжига и отверждения связующего при повышенной температуре.

Благодаря тому, что SMC обладают изотропными магнитными свойствами, из таких материалов возможно изготовить магнитопровод со сложным направлением магнитного потока. Например, магнитопровод статора с зубцами сложной формы. В отличие от классической конструкции с магнитопроводом из шихтованной стали, в конструкции с трехмерным направлением магнитного потока зубцы статора имеют меньшую осевую длину, благодаря чему обмотка частично или полностью может быть размещена внутри статора, что снижает массу обмотки и осевую длину машины.

Была проведена оценка целесообразности использования такой конструкции на машине с внешним ротором и возбуждением от ПМ. На основе машины с шихтованным магнитопроводом из стали 2421 разработана конструкция машины со статором из магнитомягкого композитного материала Somaloy 700 HR 5P. При внесении изменений в конструкцию проверялось обеспечение аналогичной мощности в режиме генератора по сравнению с изначальной конструкцией. Размеры элементов магнитной цепи выбраны таким образом, чтобы избежать перенасыщения магнитопровода, но при этом сократить массу статора.

Однако стоит отметить, что так как при одинаковых значениях индукции Somaloy 700 HR 5P требуется большая напряженность магнитного поля, чем для стали 2421, то падение магнитного потенциала при прочих одинаковых параметрах будет выше в магнитопроводе из Somaloy 700 HR 5P. Поэтому, для достижения необходимой мощности потребовалось увеличить осевую длину магнитов.

С помощью конечно-элементного моделирования проведена проверка работы двух машин в режиме генератора. Для изначальной конструкции номинальная электрическая мощность машины в генераторном режиме составила 4,6 кВт. При аналогичной нагрузке для машины с SMC статором электрическая мощность составила 4,8 кВт. По результатам моделирования видно, что данная конструкция обеспечивает даже немного большую мощность, чем изначальная конструкция.

Проведя сравнение массогабаритных параметров, можно сделать вывод, что внесенные изменения в геометрию позволяют добиться снижения длины активной зоны (с учетом вылета лобовой части обмотки якоря) на 13% при сохранении уровня мощности в генераторном режиме. Как видно, подобные конструктивные изменения позволяют уменьшить габаритные размеры электрической машины. Так же при использовании SMC

магнитопровода за счет снижения размеров можно добиться снижения массы статора и обмотки, однако при этом увеличивается масса ротора. Суммарно масса активной зоны машины практически не изменилась. Так же благодаря уменьшению средней длины витка, на 12,5% сократилось сопротивление фазы, что позволяет снизить потери по сравнению с изначальной конструкцией.

Метод спекл-структур оптического излучения – перспективный инструмент контроля чистоты авиационного топлива

Лихачев С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Павлов П.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В настоящее время, для корректной и долговечной работы каких-либо деталей, как в авиационной, так и в любом технологическом процессе необходимо анализировать ряд параметров, от которых зависит исправность оборудования, надежность и безопасность его использования.

В авиации очень важно подвергать диагностике наиболее ответственные системы от исправности которых зависит безопасность полета воздушного судна: двигатель, силовые элементы конструкции, аппаратура топливной, гидравлической системы и т.д. Согласно статистики авиационных происшествий за последние 10 лет участились случаи отказов аппаратуры топливной системы самолета по причине биозагрязнения авиационного топлива и образованием продуктов жизнедеятельности «керосиновых грибов» и бактерий (микромикетов) в топливных баках. К сожалению, для в нормативно-технической документации отсутствует перечень операций, направленных на оценивание степени биозагрязнения авиационного топлива на этапе подготовки воздушного судна к полету. За рубежом количественное определение микромикетов в составе авиационного топлива осуществляют индикаторными методами, однако химический состав компонентов индикаторов не известен, а введенные санкции против Российской Федерации ограничили к ним доступ.

Проведя анализ среди существующих методов и устройств определения чистоты авиационных рабочих жидкостей, было принято решение воспользоваться оптическим методом контроля, так как наличие микромикетов возможно оперативно определить при изменении оптических свойств топлива. За основу был выбран метод спекл-структур оптического излучения, основанный на анализе спекл-структур, образующихся при отражении когерентного оптического излучения от шероховатости поверхности объекта контроля [1]. Для этого на первом этапе исследования разработана математическая модель определения микромикетов в составе авиационного топлива по анализу параметров регистрируемых спекл картин и проведено экспериментальное исследование разработанного способа количественного определения биозагрязнения авиационного топлива «керосиновым грибом» *Normoconis resinae* на пробах с разной его концентрации [2].

На следующем этапе исследований планируется разработать алгоритм и методику количественного определения биозагрязнения авиационного топлива с использованием метода спекл-структур оптического излучения.

Список используемых источников:

1. Манучаров Д.Р. К вопросу определения количественных показателей биозагрязнения авиационного топлива по анализу параметров цифровой спекл-фотографии / Д.Р. Манучаров, П.В. Павлов, А.П. Владимиров, С.С. Лихачев // Насосы. Турбины. Системы, 2024. – №1(50). С. 21 – 27.
2. Манучаров Д.Р., Павлов П.В., Лихачев С.С. Применение техники счета для определения биоповреждения авиационного топлива с помощью параметров цифровых спекл-изображений / Сборник научных статей по материалам доклада XII Всероссийской НПК «Авиатор» (20-22 ноября 2024 года): Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2024. С. 113 – 117.

Несимметричные режимы работы в полумостовых преобразователях

Лукошин И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Полумостовые силовые каскады широко применяются в преобразователях малой мощности, охватывающих диапазон от сотен ватт до нескольких киловатт, благодаря их высокой эффективности, компактности и относительной простоте реализации. Однако, несмотря на популярность данной топологии, в техническом сообществе, а порой и в научных публикациях, встречаются ошибочные представления не только о методах, но и о самой необходимости симметрирования напряжений на конденсаторах делителя. Подобные заблуждения могут приводить к некорректным инженерным решениям, снижению надежности и ухудшению эксплуатационных характеристик преобразователей.

Если упрощать модель преобразователя, ввести начальную несимметрию емкостей конденсаторов и принять идеальной систему управления, то происходит самосимметрирование напряжения на конденсаторах. Это явление обосновывается более высокой токоотдачей заряженного конденсатора, за счет чего он разряжается быстрее, за тот же промежуток времени, чем конденсатор с меньшим зарядом. Если схема управления основана на подчиненном регулировании по току или другим видам токового регулирования, то разность напряжений на делительных конденсаторах будет только увеличиваться!

Технологический разброс элементов, паразитные параметры схемы и динамика системы вносят неравномерность в распределение импульсов, что препятствует достижению одинакового коэффициента заполнения (K_3) на верхнем и нижнем ключах. Даже незначительная асимметрия K_3 (на уровне 0,1%) на силовых ключах приводит к утрате системой свойства автосимметрирования.

Это явление обусловлено наличием дросселя во вторичной цепи, который выполняет роль источника тока. В результате через конденсаторы протекают одинаковые токи, но за разное время (из-за асимметрии K_3), что вызывает дисбаланс напряжений. Скорость нарастания разницы напряжений на конденсаторах прямо пропорциональна индуктивности выходного дросселя и нагрузке.

Следовательно, полумостовая схема с дросселем постоянного тока на вторичной стороне не может применяться без дополнительных мер по симметрированию конденсаторного делителя.

В полумостовом каскаде с дросселем переменного тока, без добавления несимметрии K_3 происходит автосимметрирование напряжений на конденсаторах.

При возникновении асимметрии K_3 на силовых ключах (например, 10%) система стремится выровнять напряжения на конденсаторах. Однако в установившемся режиме увеличение несимметрии K_3 приводит к росту разницы между их напряжениями. Индуктивность дросселя переменного тока и сопротивление нагрузки влияют только на скорость процесса выравнивания, но не могут устранить сам дисбаланс — он определяется степенью несимметрии K_3 .

Важно отметить, что приведённая выше несимметрия K_3 в 10% — это достаточно большое отклонение, которое в установившемся режиме встречается редко. Это может создать ложное впечатление, что наличие дросселя переменного тока полностью исключает необходимость дополнительных мер по симметрированию. Однако в переходных режимах работы преобразователя могут возникать значительные перекосы K_3 между ключами — в плохо настроенных системах они могут достигать 80%, что обуславливается динамикой замкнутой системы регулирования.

Расхождение напряжений на конденсаторном делителе является одной из ключевых проблем полумостовых преобразователей. На тщательно настроенном силовом каскаде с дросселем переменного тока удастся достичь довольно низких расхождений напряжения, однако это не всегда гарантирует надежную работу преобразователя, что ограничивает сферу применения таких решений.

Использование авторского схемотехнического решения позволяет получить как симметричные напряжения на конденсаторном делителе, так и симметричные токи перемагничивания сердечника трансформатора. При этом сначала происходит балансировка напряжений на конденсаторах, а затем – симметрирование токов, что является критически важным условием корректной работы преобразователя.

Список используемых источников:

1. Е. В. Машуков, Д. А. Шевцов, Г. М. Улященко / Централизованные транзисторные преобразователи электроэнергии для систем электроснабжения летательных аппаратов / Изд-во МАИ, 2013. – 182 с. ISBN 978-5-4316-0092-0.
2. Amit Kumar, Rajesh Gupta. Capacitors voltage balancing in half bridge inverter for low switching frequency applications // 2010 Joint International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems & 2010 Power India. – IEEE, 2010.
3. Лукошин И. В., Шевцов Д. А. / Полумостовой каскад для преобразователя постоянного повышенного напряжения с малыми динамическими потерями// Практическая силовая электроника. 2024. № 2 (94). С. 21–26.

Исследование характеристик и конструкций блоков управления электрическими двигателями беспилотных летательных аппаратов

Малышев Б.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шишов Д.М.

МАИ, Москва

Было проанализировано 352 электронных регуляторов скорости (ESC) от 18 производителей, используемых в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). ESC являются важнейшими компонентами для управления бесщеточными двигателями постоянного тока в беспилотных летательных аппаратах, эффективность которых напрямую влияет на продолжительность полета. В исследовании ESC классифицируются по типам охлаждения: пассивное, активное, открытое и в термоусадочной упаковке.

Были определены два основных метода управления двигателем: BLDC (наиболее распространенный) и FOC (векторное управление). Некоторые производители внедряют новые алгоритмы управления, заявляющие о повышении эффективности. ШИМ остается доминирующим интерфейсом управления, хотя протоколы DShot набирают популярность. Интерфейс CAN обеспечивает превосходную помехоустойчивость для более крупных беспилотных летательных аппаратов, несмотря на меньшую распространённость.

Программное обеспечение включает в себя фирменные решения и альтернативные решения сторонних производителей, такие как BLHeli32, BLHeliS, AM-32 и SimonK. Программное обеспечение сторонних производителей обеспечивает преимущества стандартизации в первую очередь для маломощных ESC.

Анализ показывает, что конфигурации ESC 4 в 1 обеспечивают более высокую производительность за счет эффективного использования печатных плат и совместного охлаждения, что, по заявлению производителей ESC, увеличивает в среднем на 481% удельную выходную мощность по сравнению с одиночными ESC. ESC «открытого» типа показывают примерно в пять раз большую удельную мощность, чем ESC с пассивным охлаждением (с наличием радиатора) – 170 Вт/г против 34,55 Вт/г.

Были определены три основных типа конструкции: «Сэндвич» (радиаторы расположены сверху и снизу печатной платы), «Кейс» (печатная плата внутри корпуса радиатора) и «Несущая печатная плата» (печатная плата как элемент конструкции). В ESC средней и большой мощности часто разделяют секции питания и управления на разных печатных платах.

Основные проблемы проектирования включают в себя высокие плотности тока, протекающие по проводникам печатной платы, отвод тепла от силовых ключей и размещение конденсаторов. Решения включают в себя дополнительные проводники, многослойные печатные платы с массивом переходными отверстиями, различные

конструкции радиаторов и различные конфигурации конденсаторов в зависимости от требований к питанию.

Анализ влияния обратной связи на напряжения каналов в многоканальных обратных преобразователях

Матвеева А.Д., Савин Д.В., Мищенко В.А.

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

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

В источниках питания собственных нужд (ИПСН) часто применяют обратные преобразователи (или flyback converter) с большим количеством вторичных обмоток для формирования нескольких уровней выходных напряжений и обеспечения потенциальной развязки. Такие преобразователи широко используются в электротехнических комплексах благодаря своей компактности, относительно низкой стоимости и способности обеспечивать гальваническую развязку между входом и выходом.

Обратные преобразователи обладают свойством параметрического выравнивания напряжений на разных каналах, но это свойство не всегда обеспечивает необходимую точность стабилизации напряжения на всех каналах. Именно поэтому чаще всего в данных преобразователях возникает необходимость обеспечения обратной связи на одном из каналов. Это приводит к тому, что напряжение на выходе, по которому организована обратная связь, будет стабильно, однако оно будет влиять на выходные напряжения других каналов. Это связано с тем, что коэффициент заполнения изменяется одинаково для всех каналов. В результате нагруженный канал, по которому осуществляется обратная связь, стабилизируется, тогда как напряжения на остальных каналах изменяются до недопустимых значений. Таким образом, обеспечение стабильности выходных напряжений в многоканальных обратных преобразователях становится сложной задачей, особенно при значительных колебаниях нагрузки.

Проведена верификация аналитических результатов с помощью среды OrCAD Pspice. Компьютерное моделирование позволило наглядно продемонстрировать поведение преобразователя при различных изменениях нагрузки. Временные диаграммы, полученные в результате моделирования, подтверждают корректность аналитических расчетов.

Определены ограничения по применению многоканальных схем обратных преобразователей в зависимости от нагрузки каналов.

Результаты работы могут быть полезны для разработчиков источников питания, которые сталкиваются с необходимостью проектирования многоканальных систем с высокими требованиями к стабильности и эффективности.

Список используемых источников:

1. Мелешин В.И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / Мелешин В.И., Овчинников Д.А. — Москва : Техносфера, 2011. — 576 с.
2. Поликарпов А.Г. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА / Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф. — Москва : Радио и связь, 1989. — 160 с.
3. Розанов Ю.К. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. 2-е изд., стереотипное. — М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 632 с.
4. Розанов Ю.К. Справочник по силовой электронике / Ю.К. Розанов, П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин ; под ред. Ю.К. Розанова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2014. — 473 с.

Исследование совместной работы Li-Ion-аккумулятора с блоком суперконденсаторов для питания асинхронного двигателя электромобиля мощностью 50 кВт

Мищенко В.А., Матвеева А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лоскутов А.Б.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

В современном мире электромобили всё глубже интегрируются в городскую инфраструктуру многих стран, но при этом существуют проблемы, из-за которых автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) до сих пор остаются в приоритете у большинства. К таким проблемам относятся время автономной работы электромобиля, а также необходимость постоянной подзарядки электромобиля от сети, что занимает гораздо больше времени, чем заправка топливом автомобиля с ДВС.

На данный момент, самым распространённым типом аккумуляторов в электромобилях являются литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы, обладающие крайне низким показателем саморазряда, но его время заряда от сети гораздо выше, чем дозаправка топливом двигателя с ДВС. При этом увеличение зарядного тока хотя и сокращает время заряда, но негативно влияет на физические свойства аккумулятора. Также все большее распространение получают суперконденсаторы, или же ионисторы, внутренняя структура которых позволяет в короткие промежутки времени аккумулировать заряд более 1 Ф в одном корпусе. В таком случае, возникает проблема быстрого саморазряда и низкого выходного напряжения суперконденсаторов, что делает невозможным их использование в качестве автономного источника энергии.

Тем не менее, есть возможность использовать суперконденсатор как дополнительный источник энергии вместе с основными аккумуляторными блоками внутри электротехнических комплексов. Так, в зарядном устройстве электромобиля, блок суперконденсаторов может использоваться для дозаряда основного блока Li-Ion аккумулятора в случае преждевременного отключения электромобиля от сети.

С целью нахождения необходимых номиналов суперконденсаторов, а также вывода точных зарядно-разрядных характеристик Li-Ion аккумулятора была спроектирована модель последовательно-параллельного каскада Li-Ion ячеек и выведена её зарядная кривая в программном пакете ItSpice, на основе которой получили: общее время заряда аккумулятора на 361,4 Ач зарядным током 450 А $T_{зар.полн} = 4022 \text{ с} \approx 67 \text{ мин}$, заряд аккумулятора до 80% $T'_{зар} = 3234 \text{ с} \approx 54 \text{ мин}$, сэкономленное время заряда от сети $\Delta T_{зар} = T_{зар.полн} - T'_{зар} = 13 \text{ минут}$ и ёмкость блоков суперконденсатора $C=0,2 \cdot 360 \text{ [A]}\cdot 3600 > 200 \text{ кФ}$.

На основе полученных параметров была спроектирована схема зарядного устройства, которая в случае преждевременного отключения электромобиля от сети начнёт разряжать блок суперконденсаторов об Li-Ion аккумулятор. Для этого необходимо кроме непосредственно блока заряда от сети продумать преобразовательный блок, преобразовывающий 3 В на выходе суперконденсатора в $>400 \text{ В}$ Li-Ion аккумулятора, обеспечивая электромобиль максимальным запасом энергии. Также хорошая восприимчивость структуры суперконденсаторов к импульсным скачкам даёт возможность в том числе и рекуперировать энергию с реверса асинхронного двигателя сразу в суперконденсатор, таким образом не давая полезной энергии рассеиваться на цепях сброса или в фильтрах цепи электропривода.

Такие результаты говорят о перспективах использования суперконденсаторов в электротехнических комплексах в качестве дополнительных источников энергии, поддерживающих более стабильную работу основных аккумуляторных батарей.

Список используемых источников:

1. Поликарпов, А.Г. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. / А.Г. Поликарпов, Е.Ф. Сергиенко. – М.: Радио и связь, 1989. – 160 с.
2. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. / П.А. Воронин. – М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2001. – 384 с.

3. Розанов Ю.К. Справочник по силовой электронике / Ю.К. Розанов., П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин ; под ред. Ю.К. Розанова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2014. — 473 с.

Моделирование и анализ цифровой схемы формирования счётных импульсов в лазерном гироскопе

Пинчукова И.А., Чижик А.П., Булак Л.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

Исследование систем навигации летальных аппаратов направлены на повышение точности получения информации о полёте. Лазерные гироскопы являются частью блока чувствительных элементов, входящих в состав бесплатформенной инерциальной навигационной системы. Две встречные волны лазерного гироскопа формируют на фотоприёмнике интерференционную картину, которая затем преобразуется в счётные импульсы. Учитывая эти и другие особенности датчика, была разработана, цифровая схема отслеживания изменения знака угловой скорости, реализованная на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), являясь частью разработки по преобразованию и измерению сигнала лазерного гироскопа.

В процессе разработки схемы были изучены принципы работы компонентов и каскада элементов схемы. Взаимозаменяемость позволила реализовать различные варианты цифровых схем для решения поставленной задачи. Для моделирования и проведения симуляции были выбраны программы MATLAB, Proteus 8. Специализированное программное обеспечение позволило быстро промоделировать схему и исследовать взаимосвязь входного и выходного сигнала с помощью осциллографа, подобрать подходящие компоненты и провести изменения в схеме.

В докладе будут представлены диаграммы исследования взаимосвязи входных сигналов лазерного гироскопа двух встречно бегущих волн в корпусе резонатора (SIN, COS) и выходного сигналов. В работе также графически будет представлен принцип разработки и функционирования цифровой схемы, формирования приращения лазерного гироскопа, дальнейшие перспективы рассмотренной разработки и предстоящие исследования.

Список используемых источников:

1. Байборodin Ю.В. Основы лазерной техники – «Высшая школа», 1988. – 240 с.
2. Галкин В.И. курс лекций по дисциплине «Перспективные гироскопы летательных аппаратов и их производство» – М., 2005. – 150 с.
3. Dr. Frederick Aronowitz. Fundamentals of the ring laser gyro // Optical Gyros and the Application — USA, 1999. — с. 3.1–3.45.

GitHub-репозиторий с реализацией среды исполнения по стандарту IEC61499

Федоров Н.А., Сакульцанов В.А.

Научный руководитель — Максимов А.Н.

МАИ, Москва

Проект представляет собой инновационное решение для разработки распределенных систем автоматизации, основанное на стандарте IEC61499. Этот стандарт, в отличие от традиционного IEC61131-3, ориентирован на создание гибких, модульных и переиспользуемых приложений, что особенно актуально для современных промышленных систем, включая электроэнергетику. В рамках проекта реализована среда исполнения, которая поддерживает выполнение функциональных блоков (FB), являющихся основными строительными элементами приложений. Функциональные блоки инкапсулируют логику управления и могут быть легко интегрированы.

Одной из ключевых особенностей проекта является наличие кросс-компилятора для языка ST (Structured Text), который позволяет разработчикам быстро создавать новые функциональные блоки. ST является одним из наиболее популярных языков

программирования в промышленной автоматизации, и его поддержка значительно упрощает процесс разработки для инженеров.

Еще одной важной особенностью проекта является поддержка распределенных вычислений. Стандарт IEC61499 предполагает, что функциональные блоки могут быть распределены между несколькими устройствами, что позволяет создавать масштабируемые и отказоустойчивые системы. В рамках проекта реализованы механизмы для обмена данными между блоками, работающими на разных устройствах, что обеспечивает высокую гибкость и производительность системы.

Проект ориентирован на широкий круг пользователей, включая разработчиков промышленных систем автоматизации, исследователей в области кибер-физических систем и образовательные учреждения. Он предоставляет мощный инструмент для создания современных, гибких и масштабируемых систем управления, которые могут быть легко адаптированы под различные задачи и условия эксплуатации. Благодаря поддержке стандарта IEC61499 и кросс-компилятора ST, проект значительно упрощает процесс разработки и внедрения промышленных решений.

Список используемых источников:

1. В.Н. Дубинин, В.В. Вяткин Модели функциональных блоков IEC 61499, их проверка и трансформации в проектировании распределенных систем управления // Монография. 2012.
2. А.Н. Максимов IEC 61499 и решения с открытым исходным кодом для разработки систем управления // Статья на habr. 2022.
3. Сайт разработчиков среды исполнения по стандарту IEC61499 с документацией 4diac-forte // https://eclipse.dev/4diac/4diac_forte/.

Модернизация системы контроля давления

Хайретдинов Р.М., Хайретдинова К.Т.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Редников С.Н.

МАИ, КНИТУ-КХТИ, Москва

Существование множества разновидностей конструкций манометров варьируется рядом преимуществ и недостатков. В частности, использование жидкостных, абсолютных и относительных манометров вызывает трудности в виде сложностей в калибровке и модификации исходных установок. В связи с этим, широкое применение получили электрические манометры, лишенные подобных недостатков.

Наиболее оптимальным устройством для измерения давления в исследуемой среде был выбран манганиновый манометр, основанный на работе манганина в виде линейной зависимости электрического сопротивления от давления. Таким образом, значительно упрощается процесс калибровки измерительной системы, создавая тем самым нормальные эксплуатационные условия. Также, данная разновидность манометра демонстрирует высокую скорость реакции на изменяющиеся параметры системы, что особенно хорошо в случае рассматриваемых быстропротекающих процессов.

Линейная зависимость манганиновых манометров сохраняется при давлении до 1000 МПа с точностью измерительной системы до 99,3%. При этом, точность зависит от качества манганина внутри манометра, а также от определения электрического сопротивления проволоки. Для ее увеличения необходимо термостатировать катушку манометра, поскольку сопротивление зависит как от давления, так и от температуры.

Конструкционные особенности манганиновых манометров различаются по способу изготовления катушки и методу электропровода. Герметизирующий материал представлен в виде шеллака.

В рамках исследования рассмотрен манометр, включающий в себя: катушку, изолированный конус, головку, колпачок, грундбукс, гайку, прокладку и корпус. Способ передачи давления на катушку отличен тем, что давление измеряется внутри неэлектропроводной жидкости прямой передачей. Однако, существует ограничение по давлению 1000 МПа, так как при более высоких значениях вязкость жидкости увеличивается, тем самым провоцируя возникновение напряжений по сдвигу и искажению результатов измерений.

Усиление сигнала требует от манометра использования специализированного оборудования для уменьшения влияния помех на конечный сигнал. В этом случае коэффициент усиления может достигать до 10000 раз.

Так, применяются различные схемы измерения сопротивления катушки, такие как схема равновесного и неравновесного моста. Равновесный мост измеряет сопротивление с точностью до 0,01 Ом, питая мост от источника с напряжением 6 В. При этом источник должен быть стабилизированным, как правило, это аккумулятор. Чувствительность схемы напрямую зависит от напряжения по питанию. В случае высокого тока может произойти перегрев проволоки, увеличиться сопротивление и исказиться конечный результат.

В случае неравновесного моста, измерение будет менее точным, поскольку в условиях отсутствия давления мост балансируется в виде нулевых показаний гальванометра. Оценка изменения давления производится в случае отсутствия нагрузки и отклонении стрелки гальванометра.

Увеличение точности измерений напрямую зависит от сопротивления катушки, при этом погрешность должна быть не более 0,001 Ом. В работах Кацнельсона О.Г. и Ихлова И.А. представлена схема, основанная на измерении сопротивления и давления в один и тот же промежутки времени. Она включает катушку под внутренним давлением, катушку под внешним давлением, катушки моста, регистратор, реохорд и магазин сопротивлений. При этом, плечи равновесного моста представлены в виде катушек, имеющих сопротивление с точностью 0,2–0,3 Ом. Катушки являются термостатированными и имеют одинаковое сопротивление. Такая схема позволит измерить давление от 0,1 до 500 МПа с точностью до 0,01 МПа.

Таким образом, был проведен обзор имеющихся разновидностей манометров и выявлен наиболее подходящий вид для измерения давления. Кроме того, рассмотрена схема с высокой точностью измерения давления и сопротивления.

Список используемых источников:

1. Редников, С.Н. Комплексная диагностика металлургического оборудования: монография / С.Н. Редников, Д.М. Закиров, С.И. Платов, Н.Н. Огарков, Е.Н. Ахмедьянова // – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 75 с.
2. Циклис, Д.С. Техника физико-химических исследований при высоких давлениях. 4-е изд., перераб. и доп./ Д.С. Циклис - М.: Издательство «Химия», 1976. – 432 с.
3. Редников, С.Н. Методы исследования свойств углеводородов при давлениях свыше 150 МПа/ С.Н. Редников, Е.Н. Ахмедьянова // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 3. Материалы VII международного симпозиума. М.: РАН, – 2012. – С. 49-54.
4. Ахмедьянова, Е. Н. Модульные энергообеспечивающие установки / Е. Н. Ахмедьянова // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Саратов, 01–30 апреля 2013 года / Под редакцией А.В. Павлова. – Саратов: ООО ПКФ «Буква», 2013. – С. 9-11.

Направление №4 Радиоэлектронное оборудование, средства связи и их технологии

Секция №4.1 Радиотехнические устройства и системы СВЯЗИ

Двухдиапазонные антенны для спутниковой связи в Ku-диапазона

Куран Мутаххар

МАИ, Москва

Развитие мобильных спутниковых систем связи требует создания низкопрофильных антенн, сочетающих компактность, легкость и высокие рабочие характеристики. В современных исследованиях предлагаются различные конструктивные решения, направленные на улучшение направленности, полосы пропускания, поляризационных характеристик и эффективности излучения.

Одним из направлений является разработка полностью активных фазированных антенных решеток, обеспечивающих точное электронное управление диаграммой направленности, что повышает качество связи в подвижных условиях. Альтернативой являются гибридные механико-электронные антенны, в которых механическое слежение дополняется электронным управлением фазой. Такой подход снижает энергопотребление и стоимость по сравнению с полностью активными системами [1,2,3].

Важное место занимают двухдиапазонные и двухполяризационные антенны, обеспечивающие одновременную работу в двухчастотных диапазонах Ku-диапазона. Это расширяет функциональность антенн и повышает спектральную эффективность. Некоторые конструкции также используют адаптивные поляризационные системы, позволяющие компенсировать изменения ориентации спутника и мобильного объекта.

Для миниатюризации антенн применяются печатные технологии, многослойные диэлектрические структуры, интегрированные излучающие элементы и метаматериалы. Это позволяет создавать компактные антенны с высокой эффективностью и широким углом обзора. Перспективными направлениями являются развитие рефлекторных фазированных решеток, адаптивных систем управления лучом и интеграция антенн с интеллектуальными радиочастотными модулями [4].

Таким образом, в данной работе представлен обзор современных конструкций низкопрофильных антенн для мобильных спутниковых систем связи, анализируются их принципы работы, преимущества, ограничения и направления дальнейших исследований.

Список используемых источников:

1. S. Vaccaro, F. Tiezzi, M. F. Rúa and C. D. G. De Oro, "Ku-Band Low-Profile Rx-only and Tx-Rx antennas for Mobile Satellite Communications," 2010 IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology, Waltham, MA, USA, 2010, pp. 536-542, doi: 10.1109/ARRAY.2010.5613316.
2. H. Xu, S. Xu, F. Yang and M. Li, "Design and Experiment of a Dual-Band 1 Bit Reconfigurable Reflectarray Antenna With Independent Large-Angle Beam Scanning Capability," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 19, no. 11, pp. 1896-1900, Nov. 2020, doi: 10.1109/LAWP.2020.3011578.
3. Бобков, В. Антенные системы SOTM (Satcom-On-The-Move) ООО «Технологии Радиосвязи» / Н. Званугов, В. Бобков // Специальный выпуск «Спутниковая связь и вещание – 2019». Приложение к журналу «Технологии и средства связи», 2019. – С. 42–44.
4. Овчинникова Е.В., Куран М., Ганицев А.Ю. Совмещенные антенны Ku-диапазона. Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ, Т. 202, № 5 2024, С. 36 — 43.

Обнаружение метрик шифрованного сетевого потока для классификации трафика нейронной сетью

Абрамов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Неволин А.О.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция значительного увеличения объема сетевого трафика, что связано с ростом числа пользователей и разнообразных онлайн-сервисов. Причем отмечается возрастание доли именно шифрованного трафика (TLS, QUIC и другие современные способы шифрования), используемые для повышения конфиденциальности и безопасности при передаче данных через сеть. В связи с этим возникает необходимость проведения более глубокого и детализированного анализа сетевого трафика с использованием автоматических систем, которые способны эффективно работать с большими объемами данных. Таким образом, DPI-системы (Deep Packet Inspection) становятся ключевыми инструментами для обеспечения безопасности, стабильности, эффективности и надежности сетевых инфраструктур. В последние годы также наблюдается явная тенденция к комплексности применяемых решений, когда несколько различных средств защиты интегрируются в одного общее устройство. Это позволяет не только повысить уровень защиты, но и улучшить общую эффективность и удобство управления сетевой безопасностью. Таким средством может выступать NGFW (Next Generation Firewall, сетевые экраны следующего поколения) [1], который объединяет в себе сетевой экран, DPI, а иногда и IDS/IPS (Intrusion Detection System/Intrusion Prevention System) на базе маршрутизатора, что значительно упрощает управление сетевой безопасностью и улучшает защиту от сложных угроз.

Однако требование к NGFW со стороны предприятий заключается не только в точности определения протоколов или сервисов сетевого трафика внутри корпоративной среды, но и их высокую производительность в высоконагруженных сетях, где речь идет о скоростях 1-10 Гбит/с. Также кроме определения трафика, NGFW должен успешно блокировать или пропускать трафик согласно «черным» и «белым» спискам, согласно политики безопасности предприятия. Поэтому важно избавиться от ложноположительных срабатываний, надежного блокирования всех сетевых потоков сервиса и динамически реагировать на изменения конфигураций сервера сервиса (IP, порты, доменное имя, сертификат и др.). К сожалению, решить данную проблему точного и быстрого к тому же шифрованного трафика традиционными методами файерволов (анализ IP, порта) и DPI (побайтовый анализ L5-L7 уровня модели OSI и др.) невозможно. Однако проблему можно решить, если объединить преимущества традиционных методов (скорость обработки) и преимущества нейронных сетей (выявление закономерностей, возможность предугадывания новых моделей поведения на основе известных существующих).

В современных научных статьях [2-4] упоминаются множество метрик сетевого потока, которые можно применить для различных архитектур нейронных сетей: длины n-первых пакетов, порты, время между пакетами, параметры TCP соединения и др. В ходе текущего исследования выбор метрик опирался на следующие важные критерии: 1) исключить метрики, которые могут зависеть от скорости соединения (размер TCP Window и др.); 2) исключить метрики, которые могут динамически изменяться на стороне сервера (IP, порт и др.); 3) сократить их количество до минимума, т.к. время их сбора и обработки сильно сократит производительность (обработка сокращена до 5 первых пакетов). Таким образом, были определены следующие метрики (l5-l6_proto):

- «l4_proto». Традиционным методом DPI определяется TCP или UDP.
- «l5-l6_proto». Традиционным методом DPI определяется шифрованный (TLS, QUIC, VPN) или нешифрованный (HTTP) трафик.
- «port_server». Направление к серверу или от него.
- «len_cl1»...«len_cl5», «len_sr1»...«len_sr5». Длины первых пяти пакетов от клиента и сервера.

• «time_11», «time_cl12»... «time_cl45», «time_sr12»...«time_sr45». Время между первым пакетом от клиента и сервера, время между последующими пакетами клиента и последующими пакетами сервера.

Для апробации результатов была собрана и размечена выборка в 185331 пакетов почтового сервиса со случайными другими сервисами и протоколами. Далее датасет был отправлен на вход многослойного перцептрона (MLP). После обучения при 150 эпохах нейронная сеть показала точность определения почтового сервиса в 98,84%. Таким образом, данный подход показал высокую точность определения сервиса в зашифрованном трафике, которая не требует сбор большого множества метрик и не зависит от полей протоколов, которые могут изменяться динамически (IP, порт, доменное имя и др.).

Список используемых источников:

1. K. Neupane, R. Haddad, and L. Chen, "Next generation firewall for network security: A survey," in Proc. SoutheastCon, Apr. 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/SECON.2018.8478973.
2. A. S. Ilyasu, H. Deng, "Semi-Supervised Encrypted Traffic Classification With Deep Convolutional Generative Adversarial Networks", IEEE Access, vol. 8, Dec. 2019, pp. 118–126. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2962106.
3. M. Lopez-Martin, B. Carro, A. Sanchez-Esguevillas, and J. Lloret, "Net-work traffic classifier with convolutional and recurrent neural networks for Internet of Things," IEEE Access, vol. 5, pp. 18042–18050, 2017.
4. S. Rezaei and X. Liu, "How to achieve high classification accuracy with just a few labels: A semi-supervised approach using sampled packets," Dec. 2018, arXiv:1812.09761. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1812.09761>.

Разработка полотна кластеризованной фазированной антенной решётки

Аникин Г.С.

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

МАИ, Москва

Фазированные антенны решётки (ФАР) широко применяются в составе современных радиотехнических систем, решающих задачи радиолокации, связи (наземной, космической). К настоящему моменту на высоком уровне разработаны методики проектирования ФАР, излучатели которых располагаются на регулярной сетке.

Однако с ростом требований, предъявляемых к радиотехническим системам, неизбежно возрастают и требуемые характеристики антенных систем. В частности, в задачах, где требуется высокая разрешающая способность по угловым координатам, необходимо увеличивать размеры апертуры антенной решётки (АР) с целью уменьшения ширины главного лепестка диаграммы направленности (ДН). Попутно в радиолокации и в системах подвижной связи всё чаще используются ФАР с электронным управлением лучом, что, помимо увеличения числа элементов АР, влечёт за собой потребность в большом числе управляющих компонентов (фазовращателей, линий задержки, аттенуаторов), вследствие чего возрастает сложность сборки и стоимость ФАР. Существует и другая проблема: высокая температура антенной решётки и малое количество места для размещения систем охлаждения.

В настоящий момент разработчики всё чаще обращают своё внимание на нетрадиционные методы проектирования архитектуры ФАР. К примеру, можно выделить АР с разреженным, хаотичным расположением излучающих элементов, а также кластеризованные АР [1]. Кластер (подрешётка) в данном случае представляет собой совокупность элементов, расположенных в узлах сетки АР, с равноамплитудным и синфазным возбуждением. Элементы, входящие в состав подрешёток, а также геометрические центры кластеров, для которых будет рассчитываться требуемый фазовый набег, могут располагаться в узлах эквидистантной и неэквидистантной сетки.

Таким образом, построение кластеризованных АР ведёт к сокращению числа управляющих элементов, тем самым: удешевляет конструкцию ФАР; помогает сэкономить время на её сборку; позволяет разместить систему охлаждения антенной решётки; снижает требования к габаритным размерам одного приёмопередающего модуля (ППМ).

В настоящей работе рассмотрены различные варианты размещения на апертуре АР кластеров нескольких типов. Внешне эти подрешётки могут иметь вид букв “Г”, “Т”, “S”, вид линеек излучателей. Данные варианты проанализированы с точки зрения влияния формы подрешетки на уровень боковых лепестков (УБЛ) ДН АР. Очевидно, что кластеризация решётки ведёт к увеличению среднего расстояния между элементами, что приводит к резким скачкам в фазовом распределении по полотну ФАР, поэтому сектор электронного сканирования без появления дифракционных максимумов заведомо снижается [2]. На текущий момент разрабатываются методики и подходы к размещению кластеров на полотно, которые позволяют расширить сектор бездифракционного сканирования.

Список используемых источников:

1. Rocca P., Oliveri G., Mailloux R.J., Massa A. Unconventional Phased Array Architectures and Design Methodologies – A Review // Proceedings of the IEEE. — 2016. — Vol. 104, No. 3. — March.
2. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. — М: Энергия, 1975. — 528 с.

Разработка сверхширокополосного цифрового синтезатора частот со ступенчатой перестройкой частоты для радиолокационной станции малой дальности

Ануфренков М.С., Монахов М.Д.

Научный руководитель — Монахов М.Д.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается высокий спрос на радиолокационные станции (РЛС) малой дальности для спасательных, таможенных, специальных служб, а также для медицины. Чаще всего в РЛС малой дальности используется сверхширокополосный (СШП) сигнал. СШП-сигнал может быть сформирован, в том числе, посредством ступенчатой частотной модуляции (СЧМ). СЧМ-сигнал представляет собой последовательность радиопульсов одинаковой длительности, частоты которых в течение длительности одного импульса фиксированы, а от импульса к импульсу увеличиваются на постоянную величину. В этом случае дальность работы РЛС зависит от шага по частоте, а разрешение по дальности от ширины спектра СЧМ-сигнала [1, 2]. Поэтому важным элементом РЛС является синтезатор частот, который в основном, определяет возможности РЛС по формированию зондирующего сигнала, а значит, по обнаружению объектов.

Целью данной работы являлась разработка цифрового синтезатора частот (ЦСЧ) с СЧМ для РЛС малой дальности. Практическое назначение такой РЛС может быть различным, например, обнаружение живых людей, находящихся на расстоянии нескольких метров за стеной (оптически непрозрачной преградой), либо объектов, находящихся внутри стены, и определяется конкретными характеристиками генерируемого синтезатором зондирующего сигнала. Основой передающего тракта является ЦСЧ со ступенчатой перестройкой частоты на основе программируемой интегральной микросхемы. Синтезатор обеспечивает формирование сигналов в диапазоне частот от 1 ГГц до 5 ГГц, с шагом 10 МГц. Разработанный синтезатор обеспечивает требуемую скорость переключения между частотами. Кроме того, соблюдено требование к портативности РЛС, так как габариты синтезатора не превышают 150х150х50 мм, а потребляемая мощность составляет не более 5 Вт при напряжении питания 5 В.

Список используемых источников:

1. Избранные задачи теории сверхширокополосных радиолокационных систем / В.В. Чапурский. – 3-е изд., испр. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 279 [1] с. : ил.
2. Гаврилов К.Ю., Игонина Ю.В., Линников О.Н., Панявина Н.С. Оценка разрешающей способности по дальности при использовании сигналов со ступенчатой частотной модуляцией // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2015. Т. 13. № 5. С. 23-32.

Создание алгоритма автоматического обнаружения МБПЛА для доплеровской РЛС

Анциферов И.С.

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

МАИ, Москва

В работе предлагается алгоритм обнаружения-распознавания малых беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА) на основе нейронной сети для бистатической радиолокационной станции (РЛС) непрерывного излучения. Для создания алгоритма работы нейронной сети была выбрана нелинейная архитектура вход-выход (без обратных связей), а также алгоритм обучения Левенберга-Марквардта. Была синтезирована математическая и цифровая модель сигнала, отраженного от МБПЛА разных типов, которая необходима для получения данных, с помощью которых производилось обучение нейронной сети. Обучение нейронной сети составило 90 эпох, во временном выражении – 1 секунду. Минимальная среднеквадратическая ошибка распознавания на данных, полученных с помощью тестовых данных составила 0,178%. Коэффициент корреляции между входными данными нейронной сети и правильными ответами составил не меньше 97%. Для подтверждения эффективности работы алгоритма был произведен статистический анализ полученных результатов обнаружения и распознавания. Была построена характеристика обнаружения при использовании предложенного алгоритма при заданной вероятности ложной тревоги равной 10^{-4} . Абсолютное отклонение от оптимального обнаружителя составило 4,5%. Построенная матрица распознавания показала эффективность распознавания не ниже 93% при распознавании данных, полученных с помощью цифрового моделирования и не ниже 70% при распознавании данных, полученных с выхода РЛС. Для апробации работы математической модели и алгоритма автоматизированного обнаружения МБПЛА, в исследовании приведены 6 экспериментов по облучению МБПЛА в реальных условиях, которые подтверждают корректность работы алгоритма.

Список используемых источников:

1. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. Учеб. пособие / Под ред. К.Ю. Гаврилова. – М.: Радиотехника, 2020.
2. Виноградов, М. С. Оценка параметров сигналов, отражённых от вращающихся структур / М. С. Виноградов, Г. С. Мачинский, Ч. Н. Буй // Гагаринские чтения - 2023 : Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции, Москва, 11–14 апреля 2023 года.
3. Воробьев Е.Н. Распознавание винтомоторных летательных аппаратов в пассивной бистатической РЛС / Е.Н. Воробьев, В.И. Веремьев, Д.В. Холодняк // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2018.

Разработка макета бистатического ультразвукового лоатора с цифровым формированием зондирующих сигналов

Дехтярь Т.А., Трегубов П.А.

Научный руководитель — Виноградов М.С.

МАИ, Москва

Широкое применение радиолокационных устройств в различных сферах деятельности [1] остро ставит вопрос о необходимости разработки и модернизации подобных устройств. Соответственно, возникает задача обучения разработчиков радиолокационных систем и формирования компетенций по созданию программно-аппаратных средств и алгоритмов, решающих задачи получения и обработки радиолокационной информации. Стоит отметить, что обязательным условием обучения является обеспечение возможности практической работы с программно-аппаратными комплексами с открытым доступом к коду систем первичной и вторичной обработки информации. Однако радиотехническое моделирование таких систем в учебном процессе затруднено, что обусловлено рядом технических и экономических сложностей. Например, необходимостью использования маломощных,

недорогих, широкополосных приёмо-передающих модулей для обеспечения безопасности и соответствия тактико-техническим показателям устройства. Одним из известных путей решения данной задачи в рамках учебного процесса является физическое моделирование посредством замены электромагнитных волн ультразвуковыми — ввиду общности большинства физических явлений, описывающих поведение электромагнитных и акустических волн (прямолинейность и постоянство скорости их распространения, явления рефракции, дифракции, отражения) [2].

В рамках инициативной студенческой работы на базе кафедры 410 была проведена разработка макета бистатического импульсного локационного датчика, базирующегося на эффектах ультразвуковой локации. Разработанный макет состоит из программной и аппаратной частей. В качестве аппаратной части используется современная элементная база: приёмная часть построена по принципу прямого усиления и цифровой обработки, передающая часть совмещает оконечный усилитель, реализованный каскадами на базе отечественных биполярных транзисторов, и цифровое устройство формирования сигналов. Цифровая обработка принятых сигналов и формирование зондирующих импульсов на несущей частоте 40 кГц реализуются на микроконтроллере Raspberry Pi Zero, который обладает достаточными вычислительными мощностями для одновременного формирования и обработки сигналов с применением параллельных методов вычисления. Благодаря подходу цифрового формирования зондирующих сигналов (ЗС), имеется возможность изменения их параметров программными методами в режиме реального времени. Это позволяет обеспечить когерентность ЗС, а также реализовать различные режимы работы, что важно для учебной и исследовательской деятельности.

В программной части макета, реализованной на языке C++ с применением библиотек Qt [3], которые позволяют организовать эффективный двусторонний обмен информацией между ЭВМ и микроконтроллером, возможно реализовать различные виды обработки. Это связано с тем, что особенности построения приёмной части позволяют работать непосредственно с принятым сигналом. Таким образом, на ЭВМ можно реализовывать как алгоритмы первичной обработки радиолокационной информации, так и методы вторичной и траекторной обработки. В качестве антенной системы на данном этапе создания макета использованы широкополосные ультразвуковые излучатели, позволяющие применять в качестве ЗС сложные сигналы с большой базой.

Список используемых источников:

1. Система автоматизированного позиционирования РТК на базе дальномногопозиционного устройства / М. С. Виноградов, М. С. Ануфренков, Т. А. Дехтярь, И. О. Разинкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 6. – С. 130-132. – EDN GHIZTU.
2. Байздренко, А. А. Физическое моделирование локационных систем в учебном процессе / А. А. Байздренко // Морской сборник. — 2021. — № 7. — С. 78—82.
3. Программирование на языке C++ в среде Qt Creator: А47 / Е.Р.Алексеев, Г. Г. Злобин, Д.А.Костюк, О.В.Чеснокова, А.С.Чмыхало — М. : ALT Linux, 2015 — 448 с. : ил. — (Библиотека ALT Linux).

Обзор антенно-фидерных устройств телекомандной системы спутника

Жидков А.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинникова Е.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Обеспечение обмена командами между космическим аппаратом и наземными пунктами управления является важной задачей. В настоящее время в нашей стране и за рубежом разработаны антенны телекомандных систем спутников. Они отличаются компактностью и устойчивостью к вибрации, изменению температур, радиации. Такие антенны имеют специальную форму диаграммы направленности (ДН) или широкую ДН. Кроме широкой ДН антенны должны обеспечивать широкий спектр по коэффициенту эллиптичности. Большая часть рассмотренных антенн имеет полосковое исполнение. Устойчивость к условиям эксплуатации в них достигается в основном использованием материалов, обладающих

механической прочностью и низким температурных коэффициентом изменения электрофизических параметров, а также устойчивостью к радиации. В докладе рассмотрены турникетные, спиральные, полосковые антенны и их характеристики. Задачи телекомандной системы эффективно выполняют антенные решетки. В докладе рассматриваются антенные решетки, изготовленные по полосковой технологии и обеспечивающие требуемые характеристики направленности, однако сведения о поляризационных характеристиках в некоторых работах отсутствуют, в некоторых работах приводятся антенны с коэффициентом эллиптичности ниже требуемого. Поэтому возникает необходимость разработки антенны ТКС, обеспечивающую работу в частотном диапазоне 2,2–2,4 ГГц, с коэффициентом эллиптичности не ниже 0,7 в секторе $\pm 70^\circ$. Ширина луча антенны ТКС должна быть не менее $65\text{--}70^\circ$. Для минимизации размеров используются полосковые антенны, представляющие собой печатную плату, которая легко может располагаться на поверхности спутника и не сильно влияющая на габариты аппарата. Также достоинством печатных антенн является их прочность, ведь нет выступающих элементов, которые могут сломаться при выведении спутника на орбиту Земли. Основным же недостатком печатных антенн является их узкополосность и небольшое значение коэффициента направленного действия. Чтобы исправить данные недостатки используются полосковые антенные решетки (ПАР) с различным количеством элементов. При использовании ПАР можно получить ДН любой формы и КНД более 15 дБ.

Таким образом в работе рассмотрены различные антенны и различные системы ТКС. Приведены их характеристики направленности, частотные характеристики и поляризационные характеристики. Отмечены основные особенности, достоинства и недостатки.

Список используемых источников:

1. Моделирование бортовой микрополосковой антенны / Е. В. Овчинникова, С. Г. Кондратьева, В. С. Бочаров [и др.] // Антенны. – 2016. – № 7 (227). – С. 10 – 22.
2. Бочаров В.С., Генералов А.Г., Гаджиев Э.В. Особенности бортовых антенно-фидерных устройств космических аппаратов // Материалы научно-технического семинара «Перспективы развития антенно-фидерных устройств летательных аппаратов». — Истра: ОАО «НИИЭМ». 2013. С. 55–58.
3. Бочаров В.С., Генералов А.Г., Гаджиев Э.В. Результаты лётных испытаний антенно-фидерных 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.

Разработка и исследование лазерной системы сканирования подстилающей поверхности для посадки автономного летательного аппарата

Киселев И.В.

Научный руководитель — Картуков А.В.

МАИ, Москва

В докладе представлены результаты разработки и исследования лазерной системы сканирования подстилающей поверхности, предназначенной для безопасной посадки автономных летательных аппаратов. Эти аппараты сталкиваются с трудностями, связанными с осуществлением безопасной посадки на неподготовленные или ограниченные площадки, как в автоматическом режиме, так и в условиях ручного управления на большом удалении от оператора, особенно при работе РЭБ.

Лазерные технологии предлагают ряд значительных преимуществ перед другими методами:

- улучшается точность измерений локальных координат, а также защищенность от внешних помех;
- отпадает необходимость в дополнительном оборудовании, таком как радиолокаторы или радиомаяки, что характерно для радиотехнических систем;
- снижается потребление энергии, габариты и стоимость оборудования;

- процесс автоматизации посадки становится более простым и эффективным.

На первом этапе с помощью лазерного сканирования создается трехмерная карта подстилающей поверхности. Отраженный сигнал от поверхности принимается малоканальным координатно-чувствительным фотоприемником системы технического зрения. Основываясь на этих данных, с учетом особых характеристик местности и летательного аппарата, по разработанному алгоритму и построенной трехмерной карте, определяется безопасное место посадки летательного аппарата. Следующий шаг — осуществление автоматической безопасной посадки в условиях реальной обстановки местности. Уникальная особенность рассматриваемой системы сканирования заключается в том, что используются несколько лазерных излучателей с разной длиной волны, установленных на борту летательного аппарата, для определения характера подстилающей поверхности. Лазерные импульсы направляются на подстилающую поверхность с помощью оптической системы сканирования и, отражаются от неё в зависимости от типа и свойств поверхности. Это позволяет собрать координатную информацию о множестве точек и сформировать, таким образом, трехмерную карту подстилающей поверхности. Локальные координаты по осям X, Y и высоты Z летательного аппарата рассчитываются методом триангуляции. По цифровой карте алгоритм выбирает безопасное место посадки. Во время посадки вычисляются все критически важные параметры, такие как высота, скорость снижения и углы наклона аппарата и поверхности. Использование быстродействующих малоканальных координатно-чувствительных фотоприемников позволяет обрабатывать лазерные модулированные сигналы в реальном масштабе времени, что значительно повышает помехоустойчивость к аддитивным и мультипликативным шумам и помехам.

В работе была разработана и смоделирована система лазерных излучателей и система малоканального координатно-чувствительного фотоприемником с каналом усиления; проведено компьютерное моделирование данной системы и спроектирован макет данного устройства. Разработаны алгоритмы по построению карты местности и определению места посадки по заданным критериям.

Список используемых источников:

1. Бурый Е.В. Импульсная лазерная локация: физические и информационные основы новых возможностей // Наука. 2020.
2. Карасик В.Е., Орлов В.М. Локационные лазерные системы видения // Москва : МГТУ. 2013.

Анализ влияния внешних и внутренних факторов на надежность электронных средств

Костюк А.А., Мкртчян Г.А., Ландер Л.Б.

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

НИУ ВШЭ, Королев

В настоящее время активно развивается научно-техническое направление – надёжность в сфере электронных модулей (ЭМ). Было выявлено, что одной из главных проблем при оценке надёжности ЭМ является значительное (вплоть до нескольких порядков) различие между расчётными и фактическими значениями. Это происходит, поскольку используемый коэффициент качества производства аппаратуры (КА) не учитывает весь спектр факторов, влияющих на надёжность объекта [1].

Действующие ГОСТы подразумевают коэффициент качества производства аппаратуры, как интегральную величину, что не позволяет учесть особенности конкретных технологических процессов, квалификацию персонала и внешние воздействующие факторы (ВВФ). Таким образом, реальное разнообразие ВВФ и множество условий производства не учитываются при создании расчётных моделей, что и порождает различие между расчётными и фактическими значениями надёжности электронных модулей.

В данной работе рассматриваются аспекты, ведущие к несоответствию, и предлагаются способы уточнения КА с целью дальнейшего учёта влияния различных технологических процессов и условий применения электронной аппаратуры.

Согласно методам анализа надёжности изделий, представленным в RIAC-HDBK-217Plus [2], выделяют следующие ключевые категории отказов: конструктивные, производственные, эксплуатационные, деградационные, отказы комплектующих элементов, программного обеспечения, связанные с несовершенством системы управления и методы контроля. Различие в рассчитанных и реальных значениях надёжности ЭМ наиболее явно проявляются при эксплуатационных отказах и влиянии внешних воздействующих факторов, поэтому именно на данные категории следует обратить особое внимание.

Как указано в ГОСТ 26883-86 [3] и ГОСТ Р 56257-2014 [4], ВВФ подразделяются на несколько категорий при эксплуатации: природные, механические, климатические и электромагнитные. Также, важно рассматривать влияние ВВФ на расчёты отдельно для каждой стадии жизненного цикла изделия. Так, при недостаточном анализе реальных нагрузок (механических, термических и др.) на стадии проектирования вероятно возникновение ошибок в подборе материалов, схемотехнических решениях или трассировке печатной платы. На стадии производства недостаточный учёт степени тяжести условий эксплуатации может привести к проявлению скрытых дефектов, пропущенных при контроле, в экстренных ситуациях. Коэффициент эксплуатации (КЭ) имеет усреднённое значение, в результате чего оценка жёсткости среды может отличаться от реальных условий, что приведёт к ошибочным значениям надёжности изделия.

Более точное описание производственных процессов и внешних условий эксплуатации ЭМ позволит устранить имеющиеся несоответствия при расчёте надёжности. Введение ряда поправочных функций в КЭ для учёта различных наборов ВВФ (температурно-влажностные циклы, агрессивные среды, электромагнитные помехи) создаст необходимые условия для точечного учёта нагрузок и приблизит расчётные показатели надёжности к реальной статистике отказов. Данный подход к исключению существующих различий в расчётах требует регулярного сбора и анализа данных о сбоях, возникающих при эксплуатации, и сопоставления полученных значений с расчётными величинами интенсивности отказов. Современные стандарты менеджмента качества, включая требования ISO 9001, предполагают постоянный мониторинг и документирование всех производственных и эксплуатационных параметров. Полученная таким образом информация даёт возможность оперативно корректировать как саму структуру коэффициентов, так и значения параметров надёжности. Применение автоматизированных модулей расчёта, включая системы анализа дерева отказов и цифровые двойники, существенно облегчает обновление моделей, а также помогает вовремя выявлять «узкие места» в технологической цепочке.

В данной работе приведены причины несоответствия рассчитанных значений надёжности электронных модулей с реальными. Существующие интегральные коэффициенты качества производства и эксплуатации не способны учесть все аспекты этапов производства и внешних воздействующих факторов. Для исключения подобных ошибок предложен подход детализации коэффициентов, характеризующих многообразие конструктивно-технологических особенностей производства и внешних воздействующих факторов. Своевременная идентификация неисправностей позволит более точно прогнозировать надёжность, планировать производственный процесс и предотвращать отказы, делая функционирование систем более надёжным.

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 2025 г.

Список используемых источников:

1. Р.Р. Г., А.И. П. Оценка надежности беспроводной сети распределенной системы контроля и управления технологическими объектами // Приволжский научный вестник. Индивидуальный предприниматель Самохвалов Антон Витальевич, 2016. № 2 (54).
2. Denson W. Reliability Modeling: The RIAC Guide to Reliability Prediction, Assessment and Estimation. 2006. Vol. 1, № May. P. 432.
3. ГОСТ 26883-86. Внешние воздействующие факторы. Термины и определения.

4. ГОСТ Р 56257-2014. Характеристика факторов внешнего природного воздействия. Общая классификация.

Алгоритмизация процессов расчёта взвешенной граф-модели УМИ 9000-600

Кулешов Д.А., Жемаева Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гевак Н.В.

МГТУ ГА, Москва

Эффективность процесса технической диагностики РЭО как правило оценивается большим числом факторов, присутствующих на различных этапах жизненного цикла.

При решении задач диагностирования необходимо разработать диагностическую модель, которая учитывает взаимосвязь между множеством диагностических параметров и техническим состоянием, в котором находится система. Таким образом, ключевой задачей является поиск метода формального описания диагностической модели.

Ввиду многообразия форм математического представления объектов и процессов, с учетом их достоинств и недостатков, в качестве диагностической модели была выбрана граф-модель [1]. Объектом технического диагностирования в данной работе является УМИ 9000-600 РЛС ОЛП «Алькор».

В рамках работы на подготовительном этапе был сформирован алфавит отказов и на основе структурной схемы построена первичная невзвешенная граф-модель.

Для анализа и первичной обработки граф-модели и выбора множества ДП были проведены дополнительные расчеты. Был проведен

При изучении ДМ УМИ 9000-600 имел место дефицит данных о точных значениях функциональных и структурных параметрах и статистических данных об отказах [2]. Было апробировано два варианта оценки весов ребер, имеющих смысл относительного количества информации $I(X_j/X_i)$, с фиксированным значением веса вершины.

1. Вес выбирался в зависимости от вида параметра контроля X_i .

2. При оценивании выбрано среднее значение оценок 3 экспертов.

Процесс построения рабочей граф-модели представляет собой адаптацию первичной модели под задачи диагностирования. Граф-модель УМИ в пространстве параметров содержит множество вершин, с замкнутыми внутренними параметрами. Некоторые параметры целесообразно исключить из рассмотрения их в качестве диагностических параметров, ввиду их недостаточной информативности относительно дефектов или их неизменности по отношению к процессу функционирования.

В данной работе было проведено построение рабочей граф-модели по алгоритму, основанному на построении усеченных синдромов вершин e .

На предварительном этапе была построена матрица смежности для исходной граф-модели. Матрица смежности графа с α вершинами получается, как матрица размерностью $(\alpha \times \alpha)$.

1. Из исходной матрицы смежности построена весовая матрица $S_{вес}$. Ненулевые элементы матрицы заменены численными значениями весов ребер.

2. Из матрицы $S_{вес}$ построена матрица частных расстояний $S_{рас}$.

3. Определены синдромы $D(e)$.

4. Определены компоненты достижимости $P(e)$. По таблице синдромов для каждого синдрома образуют маршрут, последовательно отмечая вершины в порядке возрастания значений p .

5. На основе полученных данных была построена гистограмма расстояний всех маршрутов и кумулятивная кривая. По гистограмме расстояний всех маршрутов извлекалось критическое значение расстояния $r_{кр}$.

6. Были выделены усеченные симптомы, в которых значения ненулевых элементов превышали $r_{кр}$. После этого состав симптомов $D(e_i)$ был скорректирован.

7. Найдено множество определяющих параметров и множество вершин рабочей граф-модели.

8. Построена рабочая граф-модель путем объединения усеченных компонент достижимости и соответствующая ей матрица смежности и рабочая весовая матрица.

После построения рабочей граф-модели было выполнено ее уточнение:

1. Выделены симптомы функциональных параметров.
2. Вводилось собственное замыкающее ребро, для более точного определения дефектного состояния.
3. На основе уточненной граф-модели строилась уточненная весовая матрица.

Конечным этапом является выбор диагностических параметров. Для этого на основе уточненной весовой матрицы построена матрица частных расстояний, а затем таблица близости.

Таблица близости содержит всю информацию о вершинах и является основой для дальнейших действий. Вершины располагаются в ряд N в соответствии с убыванием значений веса вершин.

Завершающим этапом формирования граф-модели является выявление эффективного множества ДП методом покрытия таблиц.

В результате апробирования алгоритма были получены две рабочие граф-модели, с разными результатами оценивания численных значений весов ребер. При неизменном алгоритме разная оценка тесноты связи между параметрами, привела к получению двух эффективных множеств ДП. Можно предположить, что разница, полученная при оценивании степени влияния того или иного фактора с целью определения ТС системы с использованием граф-модели, повлияет на достоверность контроля [3].

Список используемых источников:

1. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.: ил. – ISBN 5-256-00012-8.
2. Радиолокационная станция обзора летного поля РЛС ОЛП «Алькор». Руководство по эксплуатации. Часть 1 Общие сведения. ЦИВР.462414.012 РЭ.
3. Диагностирование на граф-моделях: На примерах авиационной и автомобильной техники/Я.Я. Осис, Я.А. Гельфандбейн, З.П. Маркович, Н.В. Новожилова. – М.: Транспорт, 1991. – 244 с.

Совмещенные антенны 5G с частотно-селективными излучающими элементами

Макарян А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ганицев А.Ю.

МАИ, Москва

Развитие сетей пятого поколения (5G) предъявляет повышенные требования к антенно-фидерным системам, в том числе к их многодиапазонности, высокой эффективности и компактности. Одним из ключевых направлений исследований является разработка совмещенных антенных систем, обеспечивающих работу в нескольких диапазонах без существенного увеличения габаритов и ухудшения характеристик излучения. Основная цель данного исследования — сравнительный анализ методов совмещения антенн 5G и обоснование применения частотно-селективных излучающих элементов как наиболее эффективного решения с точки зрения снижения взаимных помех и обеспечения высокой развязки между рабочими диапазонами.

Традиционный метод совмещения основан на использовании комбинированных структур, включающих несколько антенн с перекрывающимися полосами частот. Такой подход позволяет организовать работу в диапазонах 2,1–2,6 ГГц и 3,3–3,8 ГГц, используя сложные схемы фильтрации и согласования. Как показано в исследованиях [1, 2], этот метод требует высокой точности электромагнитного моделирования и сложных технологических решений, поскольку взаимное влияние элементов приводит к интерференции, изменению диаграммы направленности и повышению уровня боковых лепестков. Кроме того, плотное расположение излучателей в единой апертуре ограничивает возможности масштабирования системы и затрудняет её адаптацию к перспективным стандартам связи.

Альтернативным решением является использование частотно-селективных излучающих элементов, которые позволяют сформировать электромагнитно-прозрачную структуру,

снижающую экранирующее воздействие низкочастотных излучателей на высокочастотные компоненты системы. Исследования [3, 4] показывают, что такой подход обеспечивает коэффициент стоячей волны (КСВ) ниже 1,5, высокую развязку между рабочими диапазонами и стабильность характеристик излучения даже при компактном размещении антенных элементов. Применение частотно-селективных излучателей также позволяет оптимизировать диаграмму направленности и снизить уровень взаимных помех, что критически важно для работы базовых станций в условиях высокой плотности размещения оборудования.

Сравнительный анализ показывает, что метод частотно-селективных излучающих элементов обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами совмещения. Помимо технологического упрощения конструкции, он обеспечивает более высокую эффективность передачи сигнала, улучшенное согласование и стабильность параметров излучения. Использование таких излучателей позволяет создавать более компактные и адаптивные антенные системы, которые могут быть интегрированы в сложные многодиапазонные решения без значительного увеличения массы и габаритов. Это особенно важно для перспективных базовых станций 5G, где требуется высокая плотность размещения антенн при ограниченном пространстве.

Список используемых источников:

1. Пономарёв Л.И., Степаненко В.И. Сканирующие многочастотные совмещённые антенные решётки / Под ред. Л.И. Пономарёва. — М.: Радиотехника, 2009. — 328 с.: ил. — ISBN 978-5-88070-213-8. — С. 1–28.
2. Пономарев Л.И., Манаенков Е.В., Терехин О.В., Васин А.А., Ганицев А.Ю., Щербачев А.Ю. Двухдиапазонные совмещенные фазированные антенные решетки журнал «Успехи современной радиоэлектроники» Том 76, номер 5, 2022 С. 5-25.
3. Soric, J., Ra'di, Y., Farfan, D. et al. Radio-transparent dipole antenna based on a metasurface cloak. *Nat Commun* 13, 1114 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28714-w>.
4. Y. Sun, J. Zhang, P. Mei, S. Luo, W. Fu and S. Zhang, "Tri-Band Dual-Polarized Shared-Aperture Antenna Arrays With Wide-Angle Scanning and Low Profile for 5G Base Stations," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 72, no. 3, pp. 2455-2467, March 2024, doi: 10.1109/TAP.2024.3358611.

Методика моделирования РСА-изображений с траекторными нестабильностями носителя радиолокатора

Митькин М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

Радиолокаторы с синтезированной апертурой (РСА) устанавливаются на различных движущихся платформах, таких как спутники, самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты, а также наземные транспортные средства. В реальных условиях носитель, подвержен различным траекторным нестабильностям, таким как угловые колебания, дрейф по курсу, вибрации и ошибки навигационной системы. Эти нестабильности приводят к фазовым искажениям сигнала, что вызывает размытость, артефакты и снижение разрешения радиолокационного изображения (РЛИ).

Для разработки и тестирования алгоритмов обработки радиолокационных данных требуется большое количество исходных изображений, учитывающих различные условия наблюдения и нестабильности траектории полета носителя РСА. Получение реальных РЛИ сопряжено с рядом трудностей, связанных с высокой стоимостью аппаратуры, необходимостью проведения летных экспериментов и сложностью в контроле условий съемки. Решением данной проблемы является математическое моделирование РЛИ, позволяющее воспроизвести процесс его формирования без необходимости проведения реальных измерений. Такой подход дает возможность многократно варьировать параметры системы, анализировать влияние различных факторов по-отдельности и разрабатывать эффективные алгоритмы обработки данных, включая методы автофокусировки.

В работе приведена методика моделирования комплексного РЛИ с траекторными нестабильностями, которое выполнено в среде MATLAB. Формирование исходного комплексного траекторного сигнала PCA выполняется путем использования оптического изображения с учетом влияния нестабильностей движения носителя. В работе рассматривается алгоритмический подход к моделированию процесса получения РЛИ с учетом данных факторов. Процесс моделирования начинается с выбора исходного оптического изображения, которое служит эталоном для формирования радиолокационного сигнала. Затем определяется модель зондирования сцены, включающая параметры радиолокационной системы: длина волны, ширина полосы, геометрия съемки и параметры зондирующего сигнала. На следующем этапе в сигнал вносятся фазовые возмущения, моделирующие влияние нестабильностей носителя.

Для анализа влияния нестабильностей на РЛИ проводится сравнение изображений, полученных в идеальных и возмущенных условиях. Для объективной оценки влияния нестабильностей на качество изображения используется как визуальная оценка полученных искажений изображений – наличие размытия, потери детализации и изменения геометрии объектов, так и количественные оценки – вычисление энтропии или контраста изображения. Сравнение энтропии позволяет оценить степень потери информации и изменчивость структуры изображения.

Применение данной методики позволяет создавать тестовые данные для отладки алгоритмов обработки РЛИ и оценки их эффективности. Кроме того, моделирование дает возможность прогнозировать влияние различных типов нестабильностей и разрабатывать методы их компенсации. В перспективе такая методика может быть использована в системах автоматической фокусировки радиолокационных изображений, улучшая качество радиолокационной съемки.

Список используемых источников:

1. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. // М.: Радио-техника, 2020.

Перспективы развития антенн PCA

Павлов С.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шмачилин П.А.

МАИ, Москва

История развития систем радиолокаторов с синтезированной апертурой (PCA) космического базирования началась в начале 1960-х годов с запуска американского спутника SEASAT-A, предназначенного для обзора морской поверхности.

Развитие данных систем связано с увеличением надёжности, внедрением новых режимов работы и использованием новых элементов. Это позволяет улучшить характеристики системы в целом.

Условно, развитие систем PCA можно разделить на четыре этапа [1].

Первый этап — исследовательский. На этом этапе был накоплен значительный экспериментальный опыт, отработаны методы решения задач военной разведки, разработаны методики и программные пакеты для обработки и интерпретации получаемых радиолокационных изображений.

Второй этап. На этом этапе происходит уточнение методик тематической обработки радиолокационных снимков и их применение для решения задач дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в различных областях. Отличительной особенностью второго поколения от первого является долговременная работа в штатном эксплуатационном режиме и обеспечение наземной инфраструктурой обработки и распространения информации для широкого круга пользователей [2].

Начало третьего этапа было ознаменовано реализацией миссии Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), в ходе которой за 11 дней была выполнена съемка 80% суши в диапазонах С и Х в интерферометрическом режиме. В результате обработки полученных данных была создана широко известная цифровая модель рельефа местности (ЦМРМ).

В 2007 году произошёл информационный прорыв в области космических радиолокационных систем, когда Германия, Италия, Китай, Япония и Канада запустили на орбиту 9 спутников с бортовыми радиолокаторами, что ознаменовало начало четвёртого этапа.

На ранних этапах применялись двухполяризационные волноводно-щелевые антенные решетки позже стали использовать микрополосковые антенные решетки. Часто встречаются антенны типа зеркальная антенна с излучателем в виде антенной решетки и антенны Касагрена.

Основные направления построения и характеристики антенн РСА космического базирования [3]:

- Наличие электронного сканирования;
- широкополосность антенн;
- работа в нескольких поляризационных режимах;
- возможность функционального разбиения антенны на приемные

интерферометрические каналы.

Внедрение цифровых активных фазированных антенных решеток (ЦАФАР) в РСА позволит:

- формировать множество лучей на передачу и прием;
- существенно расширить полосу захвата РСА без ухудшения параметра пространственного разрешения по координате азимута и без увеличения уровня рекуррентных помех;
- существенно снизить потери высокочастотной энергии;
- гибко управлять амплитудно-фазовым распределением;
- снизить фазовые ошибки;
- применять методы противодействия аддитивным помехам.

На данный момент существуют аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с частотой дискретизации 27 ГГц, что дает возможность построения ЦАФАР X-диапазона без перехода на промежуточную частоту.

Большое число минимальных фазлируемых элементов имеют свой приемо-передающий модуль (ППМ), передающий в единый процессор цифрового диаграммообразования (ЦДО) информацию по шине данных. Таким образом процессор ЦДО должен обладать большим числом входов, что на сверхвысоких частотах (СВЧ) крайне затруднительно. Кроме того, требуется обрабатывать большие объемы информации в схеме ЦДО в реальном времени.

Эта проблема может быть решена разбиением всей апертуры ЦАФАР на подрешетки из 8, 16 элементов. Подрешетки объединены своим процессором диаграммообразования. В каждом из таких модулей производится предварительная обработка сигнала, после чего он поступает на следующий уровень, на котором несколько подрешеток могут быть объединены аналогичным образом. На самом последнем уровне объединения сигналы от групп подрешеток сводятся в единый процессор, в котором формируется результирующая ДН всей ЦАФАР.

Несмотря на множество достоинств ЦАФАР, существуют и недостатки, которые связаны с:

- требованиями к квалификации сотрудников, допущенных к работе;
- требованиями к синхронизации;
- коэффициентом полезного действия;
- необходимостью вынужденного охлаждения;
- высокими требованиями к технологическим возможностям (виду санкций требуется разработка отечественной элементной базы, не уступающей по характеристикам зарубежным);
- радиационная стойкость цифровых элементов.

На данный момент можно уверенно сказать, что дальнейшее развитие антенн РСА космического базирования направленно на внедрение ЦАФАР и решения проблем, связанных с их разработкой и эксплуатацией.

Список используемых источников:

1. Верб В. С., Неронский Л. Б., Осипов И. Г. и др. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / под ред. В. С. Вербы. М. : Радиотехника, 2010. 680 с.
2. В.Г. Коберниченко, А.В. Сосновский / Космические радиолокационные системы с синтезированной апертурой антенны // Проблемы дистанционного зондирования, распространения и дифракции радиоволн: Конспекты лекций / Всероссийские армандовские чтения: молод. школа, 2022. №1.
3. Груздов В.В., Колковский Ю.В., Криштопов А.В., Кудря А.И. / Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса // Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 482с. ISBN 978-5-94836-502-2.

Программный комплекс построения вертикальных профилей метеоинформации на базе данных аэрологического радиозондирования для задач метеорологической радиолокации

Портнов А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Галаева К.И.

МГТУ ГА, Москва

Для обеспечения безопасности, регулярности и эффективности полетов необходимо своевременное и корректное метеобеспечение. Только за 2023 год по данным ФГБУ «Авиаметтелем Росгидромета» [1] произошло 9 авиационных событий:

- катастроф – 3,
- аварий – 1;
- авиационных инцидентов – 2;
- производственных происшествий всего - 2 (чрезвычайные происшествия);
- авиационные происшествия без расследования всего – 1 (поражение ВС атмосферным электричеством).

Большая часть этих событий прямо или косвенно связана с опасными метеоявлениями. Следовательно, для развития транспортной отрасли, надо уделить особое внимание метеобезопасности полетов. Метеорологическое обеспечение включает в себя различные задачи, в том числе фактический анализ и прогноз погодных условий. Прогноз погодных условий происходит с использованием математических моделей, начальными данными для которых служат фактические данные о состоянии атмосферы. Состояние атмосферы определяется на основе разных видов наблюдений, таких как контактных и дистанционных датчиков.

Ниже представлены средства для измерения метеорологических величин [2]:

- аэрологическое зондирование;
- метеорологические радиолокационные комплексы;
- наземные метеостанции.

На сегодняшний день аэрологическое радиозондирование предоставляет наиболее точные, своего рода эталонные данные параметров атмосферы на высотах от уровня земли до 35 км. Аэрологические радиозонды предоставляют информацию о вертикальных профилях температуры, влажности, скорости и направлении ветра, а также о давлении воздуха на определенных высотах.

Для получения высотной метеоинформации в атмосферу отправляют небольшие аэростаты, снабженные специальными приборами, называемые радиозондами, в составе которых находятся датчики метеорологических параметров и радиопередатчик. Совместно с радиозондом используется аэрологический радиолокатор, предназначенный для выполнения комплексного зондирования атмосферы. Выпущенный в полет радиозонд производит измерения на определенной высоте, а станция слежения получает их в закодированном виде. Одновременно, в течение всего полета, станция автоматический регистрирует текущие координаты. На основе полученных данных рассчитывается метеопараметры и формируется аэрологическая телеграмма.[3]

Аэрологические данные важны для авиации, так как они предоставляют информацию о состоянии атмосферы на маршрутах полётов воздушных судов, в целях обеспечения

безопасности, регулярности и эффективности полетов. Особо важны аэрологические данные для прогнозирования опасных для авиации метеоявлений: шквалы, ливневые осадки, град, грозы, сильное обледенение, туманы, метели, низкая облачность.

Так же аэрологические данные позволяют составлять карты метеоявлений, необходимые для выбора оптимального и безопасного маршрута. При этом все полеты могут осуществляться только при условии знания летным составом метеообстановки в районе полетов, пункте посадки и на запасных аэродромах. Следовательно, представление данных о радиозондировании атмосферы в удобном для авиационного персонала виде является актуальной задачей.

В ходе работы была создана программа, с использованием языка Python и системы управления базами данных SQLite, для построения вертикальных профилей, на базе данных радиозондирования. Источником информации в текущей работе является база данных, которая находится в свободном доступе для всех аэрологических станций мира. Построенные графики удобны для экипажей воздушных судов и диспетчеров, поскольку позволяют определить различные атмосферные параметры на различных эшелонах полета, а также на этапах взлета и посадки.

Такие данные, представленные в виде графиков высотного распределения параметров, могут быть использованы для построения карт метеоявлений в метеорологических радиолокаторах. Карты метеоявлений позволяют синоптику быстро оценить метеорологическую обстановку и проследить её эволюцию через каждые 10 минут.[4]

Так же данные радиолокации помогают уточнить сверхкраткосрочный прогноз погоды и повышают заблаговременность штормовых предупреждений.[4]

Список используемых источников:

1. АВИАЦИОННЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ И ИНЦИДЕНТЫ В I-м КВАРТАЛЕ 2023 ГОДА (по данным представленных донесений филиалов ФГБУ «Авиаметтелем Росгидромета» и ФГБУ «УГМС»).

2. Толмачева, Н.И. Т52 Методы и средства гидрометеорологических измерений (для метеорологов): учеб. пособие / Н.И. Толмачева; Перм. ун-т.– Пермь, 2011.– 223 с. ISBN 978-5-7944-1623-7.

3. М.Б. Фридзон, Ю.М. Ермошенко Радиозондирование атмосферы «Мир измерений» Июль 2009 [Электронный ресурс]: <https://ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=30717> Доступ 24.02.2024.

4. Методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. ФГБУ «ЦАО». Москва 2019 г., 129с.,(<https://map.meteorad.ru/static/VMU-DMRL-3ed.pdf>).

Экспериментальное исследование влияния цифровой аппаратуры формирования и обработки на функцию неопределенности зондирующего сигнала

Разинкин И.О., Ануфренков М.С., Демин В.С.

Научный руководитель — Виноградов М.С.

МАИ, Москва

Одной из наиболее важных характеристик радиолокационных станций (РЛС) является разрешающая способность. Из [1,2] известно, что разрешающая способность – это возможность РЛС раздельно обнаруживать или измерять координаты целей, у которых один из параметров движения или местоположения отличается незначительно [2]. Например, минимальное расстояние по дальности между двумя целями при равенстве их остальных параметров, при котором эти цели обнаруживаются как две различные, описывается разрешающей способностью РЛС по дальности (δR). Иначе говоря, для разрешения целей необходимо, чтобы после обработки можно было раздельно наблюдать сигналы от отдельных целей, согласно критерию Релея [2]. На разрешающую способность РЛС по дальности и скорости в значительной мере влияют параметра зондирующего сигнала (ЗС). При разработке радиолокатора важно оценить потенциально достижимые параметры

разрешения. Одним из методов для получения численных оценок, является анализ функции неопределенности зондирующего сигнала (ФНЗС) [3].

Однако, довольно часто реальные параметры зондирующего сигнала после синтеза в аппаратуре РЛС могут отличаться от теоретических. Так же искажения в принятый сигнал вносит аппаратура приемника РЛС. В настоящее время наиболее частым решением для формирования и обработки сигналов в РЛС служит цифровая аппаратура [4]. При цифровом формировании ЗС на конечные параметры сигнала влияют как параметры цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), так и параметры высокочастотного (ВЧ) тракта передатчика РЛС, при этом в отличие от ВЧ тракта, ЦАП может вносить нелинейные искажения в ЗС. Аналогично использование цифровой обработки отраженных сигналов в приемном устройстве РЛС подразумевает наличие аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а соответственно часть информации теряется из-за дискретизации по времени и квантования по уровню и так же имеют место нелинейные искажения, влияющие на ФНЗС. Так же не исключены перебои работы АЦП, либо ошибки цифровых вычислительных микропроцессоров. Все эти особенности могут привести к тому, что заранее теоретически рассчитанная ФНЗС для выбранного зондирующего сигнала и ожидаемые параметры разрешения станции могут значительно отличаться от реальных. Целью данной работы является исследование влияния цифровой аппаратуры формирования и обработки сигналов на функцию неопределенности и, следовательно, на итоговую разрешающую способность РЛС. Для получения зависимостей и оценки отклонения реальной ФНЗС от теоретической, проведен ряд экспериментов на макете локационной станции с цифровым формированием и обработкой сигналов. В работе рассмотрены различные ЗС, для обширной оценки влияния цифровой аппаратуры. По результатам исследования сформулированы рекомендации к формированию опорных функций для согласованной обработки, а также получены наиболее правдоподобные оценки параметров разрешения для различных ЗС.

Список используемых источников:

1. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория: Справочник. Под редакцией Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007.

2. Верба В.С., Татарский Б.Г. Основы теории радиолокационных систем и комплексов М.: ТЕХНОСФЕРА, 2024. -312 с. ISBN 978-5-94836-695-1.

3. Баскаков, Александр Ильич. Зондирующие радиолокационные сигналы: учебное пособие по курсам "Радиолокационные и радионавигационные системы", "Системы обработки и отображения медико-биологической информации" для студентов, обучающихся по направлению "Радиотехника" / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко ; Московский энергетический ин-т (технический ун-т). - Москва : Изд. дом МЭИ, 2011. - 55, [1] с. : ил.; 20 см.; ISBN 978-5-383-00659-7.

4. Система автоматизированного позиционирования РТК на базе дальномерного многопозиционного устройства / М. С. Виноградов, М. С. Ануфренков, Т. А. Дехтярь, И. О. Разинкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 6. – С. 130-132. – EDN GHIUTU.

Разработка радиоприемного устройства сверхкороткоимпульсного радиолокатора

Рожков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Харламов А.Н.

МАИ, Москва

В последнее время сильно вырос интерес к сверхкороткоимпульсным системам извлечения информации. Рост интереса к системам данного типа в большей степени связан с тем, что сверхкороткоимпульсные системы позволяют увеличить объем передаваемой и принимаемой информации. С увеличением потока информации проблема передачи такого объема становится все более и более актуальной.

Цель работы: разработать и оптимизировать параметры аналогового тракта приемника сверхкороткоимпульсного радиолокатора в условиях интенсивных помех.

В условиях интенсивных помех сложность работы с такими системами заключается в том, что для эффективного подавления помех недостаточно средств цифровой фильтрации и необходимо использование аналоговых фильтров. В свою очередь установка аналоговых фильтров высокого порядка для более сильного подавления эфирных помех, создаваемых мощными сторонними источниками радиоизлучения, приводит к растянутой импульсной характеристике приемного тракта сверхкороткоимпульсного радиолокатора, что мешает обнаружить слабую цель и ограничивает возможности в разрешении целей. Поэтому оптимизация параметров аналогового тракта приемника СШП-радиолокатора для работы в условиях интенсивных помех является актуальной задачей.

В книге «Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений» авторы Астанин Л.Ю., Костылев А.А. проводят обобщение результатов, полученных мировым сообществом в области сверхширокополосной радиолокации. Большое внимание уделяется исследованию радиолокационных характеристик целей при использовании сверхширокополосных сигналов.

В обзоре «Сверхширокополосные радары. Особенности и возможности» Иммореев И.Я. показывает сложность работы с такими системами, так как происходящие в них процессы во время излучения, приема и обработки сигналов имеют большие отличия от тех же процессов, происходящих в узкополосных системах.

Была предпринята попытка повысить разрешающую способность СКИ радиолокатора методами инверсной фильтрации с регуляризацией. Однако при проведении натурных экспериментов не удалось получить ожидаемую по результатам численного моделирования высокую эффективность обработки сигналов.

Обозначенную проблему можно решить несколькими способами:

1. Попробовать подобрать параметры аналогового фильтра таким образом, чтобы минимизировать протяженность ИХ при достаточном подавлении эфирных помех без перегрузки приемного тракта.

2. Использовать Вейвлет-анализ принятого сигнала, чтобы произвести его декомпозицию и по отдельности выделить низкочастотную и высокочастотную составляющие сигнала.

В рамках работы проведено моделирование аналогового тракта приемного устройства, созданы модели элементарных отражателей и проведено моделирование отраженных сигналов от элементарных отражателей.

Список используемых источников:

1. Астанин Л.Ю., Костылев А.А. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. – М.: Радио и связь, 1989. – 192 с.

2. Беличенко В.П. Сверхширокополосные импульсные радиосистемы / В.П. Беличенко, Ю.И. Буянов, В.И. Кошелев; под общ. ред. В.И. Кошелева. – Новосибирск: Наука, 2015. – 483 с.

3. Иммореев И.Я. Обзор сверхширокополосные радары. Особенности и возможности // РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА. 2009. Т. 54. №1. с. 5-31.

Исследование применения метода Хафа при оценке толщины оптически непрозрачных объектов с использованием РЛС подповерхностного зондирования

Руденко Е.В., Дубовский А.А.

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

МАИ, Москва

Контроль и поиск дефектов строительных конструкций из бетона и железобетона – важная часто возникающая задача. В соответствии с техническим регламентом, к каждой из таких конструкций предъявляются индивидуальные требования, поскольку готовые изделия должны соответствовать установленным стандартам и не содержать явных дефектов, таких как пустоты, трещины и другие. Среди современных методов неразрушающего контроля радиолокационный метод выделяется как один из наиболее эффективных.

Радиолокационные системы (РЛС) подповерхностного зондирования позволяют не только выявлять пустоты, зоны с неравномерным распределением наполнителя, трещины и другие дефекты, но и точно определять их параметры, такие как глубина залегания, размеры и пространственные координаты. Требования к глубине проникновения радиоволн и разрешению по дальности создают противоречивые условия для выбора длины волны: с ростом длины волны увеличивается глубина проникновения, но при этом снижается разрешение по дальности. В радиолокационных системах подповерхностного зондирования для достижения высокой разрешающей способности по дальности обычно применяют широкополосные сигналы с частотной модуляцией ступенчатого типа (СЧМ). Многослойная строительная конструкция (МСК) представляет собой, как правило, совокупность плоских однородных слоев различной толщины, плотно примыкающих друг к другу. При этом толщина каждого слоя обычно постоянна, и на достаточно большой площади имеет небольшие отклонения от среднего значения. Типичным примером такой конструкции является внутренняя стена помещения, состоящая из облицовочного материала (дерево, пластик и т.д.), бетона или гипсокартонной плиты и облицовочного материала с противоположной стороны стены или перекрытия. Каждый слой характеризуется своей диэлектрической проницаемостью, значение которой позволяет судить о виде материала, из которого он изготовлен. Для многих практических приложений представляет интерес определение толщины и диэлектрической проницаемости каждого слоя МСК, причем особенно актуальной является задача определения этих характеристик при одностороннем доступе к МСК. Для решения задачи неразрушающего контроля многослойных строительных конструкций используется метод совместного определения толщины и диэлектрической проницаемости слоев МСК, который позволяет проводить вычисления этих параметров последовательно по слоям, начиная с внешнего (первого) слоя. Итогом использования метода является получение контрастного радиолокационного изображения, на котором в абсолютных значениях будут представлены границы раздела слоев МСК и их удаление от РЛС. Однако из-за множественных явлений переломления и рассеивания радиоволн при прохождении через МСК, граница раздела сред выходит не явно выраженной, в ряде случаев она совершенно незаметна. Для автоматизации выделения её из массива имеющихся данных возможно использовать метод Хафа. Во время использования метода Хафа, происходит переход РЛИ из декартового пространства в параметрическое, где поиск линий становится нахождением максимумов корреляционных функций в параметрическом пространстве. В работе проведено исследование определения эффективности использования метода Хафа при решении вышеописанных задач.

Проектирование усилителя для бионической системы

Рукусуев Д.А.

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

КНИТУ-КАИ, Казань

По экспертным оценкам, около 50 миллионов человек ежегодно становятся инвалидами, около 15% населения Земли имеют различные функциональные нарушения. Разработка качественного усилителя с последующим внедрением в устройство бионической системы позволит получить модернизированные модели протезов.

Основная проблема заключается в интеграции усилителя в устройство бионической системы. Требуется обеспечить высокий уровень эффективности взаимодействия между биологическими и электронными компонентами.

Внедрение усилителя в бионическую систему связано с рядом сложностей, которые могут повлиять на эффективность и надежность работы устройства:

1. Энергетическая эффективность. Бионические системы как правило работают от ограниченных источников питания, таких как батареи. Усилитель должен быть энергоэффективным, чтобы продлить срок службы устройства и уменьшить необходимость в частой замене батарей.

2. Шум и интерференция. Биологические сигналы, такие как электрические импульсы от нервов или мышц, имеют низкую амплитуду и могут быть сильно подвержены шуму.

Усилитель должен быть спроектирован для минимизации шума и интерференции, чтобы обеспечить высокую чувствительность и точность обработки сигналов.

3. Сложность определения рабочего диапазона характеристик сигнала. Биологические сигналы распределены в широком динамическом диапазоне, частотный спектр не однороден, тип сигнала классифицирован нечетко, требования к допустимым искажениям определены не четко.

4. Согласование усилителя с бионическим датчиком. Бионические датчики часто имеют непостоянное сопротивление с высокой емкостной составляющей, которое нелинейно меняется и зависит от многих факторов, включая персональные особенности биологических тканей и психофизическое состояние.

Именно поэтому, основной задачей в проектировании усилителя бионической системы было в выборе характеристик усилителя, таких как коэффициент усиления, тип входного сигнала, диапазон частот и допустимые искажения.

Последующим важным шагом стало согласование усилителя с блоком управления и датчиком. Анализ и выбор методов согласования с нелинейным емкостным источником сигнала. Оптимизация подключения и передачи сигнала в модуль обработки.

В работе решены актуальные задачи проектирования электронного усилителя для бионической системы.

Список используемых источников:

1. А. П. Кудряшов БИОСЕНСОРНЫЕ УСТРОЙСТВА КУРС ЛЕКЦИЙ Минск БГУ 2003.

2. Биотехнические системы. Теория и проектирование/Под ред. В.М. Ахутина.

3. Лощилов В.И., Калакуцкий Л.И. Биотехнические системы электростимуляции.

Основы теории и проектирования. М.: Изд-во МГТУ.

Применение компьютерной модели индикатора кругового обзора радиолокационной станции в учебном процессе

Рутковский С.А.

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

Филиал «Взлет» МАИ, Ахтубинск

Лабораторные работы в различных учебных заведениях в основном проводятся на следующих видах оборудования: реальные образцы,

полунатурные объекты и компьютерные модели. Так в филиале «Взлет» МАИ лабораторные работы по исследованиям работы радиолокационной станции (РЛС) проводились на полунатурном объекте. Данным объектом являлся реальный образец индикатора кругового обзора (ИКО), сопряженный с электронно-вычислительной машиной, которая позволяла моделировать сигналы РЛС необходимые для функционирования индикатора.

Однако описанная лабораторная установка утратила свою работоспособность и лабораторные работы по исследованиям работы РЛС уже более десяти лет проводятся на компьютерной модели ИКО. Эта модель позволяет наблюдать небольшой набор радиолокационных обстановок, отображаемых смоделированным индикатором. Кроме того, она имеет ряд недостатков связанных как с функционированием программы так и с реалистичностью смоделированного индикатора.

В связи с этим была разработана новая компьютерная модель ИКО РЛС в программной среде Python для использования в учебных целях. Разработанная модель по заданной моделируемой обстановке и её настройке, позволяет наблюдать за тем, как выглядит работа ИКО РЛС в выбранных условиях. Кроме того, новая модель не только не утратила возможности предыдущей, но и приобрела ряд новых функций. Программа выполнена на языке программирования Python 3.8.

В работе описывается использование модели ИКО РЛС в процессе обучения студентов радиотехнического направления.

Внедрение описанной модели ИКО РЛС в учебный процесс имеет следующие преимущества:

1. С помощью компьютерной модели студенты могут наглядно увидеть, как работает радиолокационная станция при обнаружении и отслеживании объектов в воздушном пространстве. Это поможет им лучше понять принципы работы радиолокации и ее применение в различных областях.

2. Студенты могут проводить виртуальные учебные сессии, моделируя различные сценарии работы индикатора, наблюдать изменения на экране и анализировать результаты. Такой подход позволит им лучше понять влияние различных факторов на работу радиолокационной станции.

3. С помощью компьютерной модели студенты могут отработать навыки работы с ИКО РЛС без необходимости доступа к реальному оборудованию. Они смогут проводить тренировочные сессии, улучшая свои навыки в обработке информации и принятии решений на основе данных с индикатора.

Помимо влияния на учебный процесс внедрение модели ИКО РЛС способно дать существенный экономический эффект для образовательного учреждения. Основные факторы, влияющие на данный эффект:

1. Использование компьютерной модели позволит значительно сократить расходы на приобретение и обновление обучающего оборудования. Учебные заведения могут использовать виртуальные среды для проведения практических занятий, что позволяет экономить на затратах на реальное оборудование и расходных материалах.

2. Благодаря доступу к компьютерной модели студенты могут самостоятельно изучать материалы в любое удобное время, что позволяет

сократить общее время, затраченное на освоение образовательной программы. Это позволяет учебным заведениям экономить как на затратах на оплату преподавателей, так и на затратах на содержание образовательных помещений.

3. Использование современных технологий, таких как компьютерные модели, делает учебное заведение более привлекательным для студентов. Это способствует увеличению числа поступающих и, как следствие, увеличению доходов учебного заведения.

Список используемых источников:

1. Нестеров С.В. Анализ обстановки, отображаемой индикатором кругового обзора радиолокационной станции: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2013. – 36 с.: ил. ISBN 978-5-4316-0168-2

2. Коновской А. С. Моделирование работы индикатора радиолокационной станции кругового обзора / А. С. Коновской, С. А.

Рутковский, С. В. Нестеров // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2024. – No 1(65). – С. 106-115.

Оценка точностных характеристик многопозиционных систем (МПСН) наблюдения

Соболев В.А.

Научный руководитель — д.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

В данной работе рассматривается вопрос оценки точностных характеристик многопозиционных систем наблюдения (МПСН). Исследование направлено на анализ влияния различных параметров системы на точность определения координат целей. Основное внимание уделяется разработке и тестированию программного инструментария для моделирования работы МПСН, а также сопоставлению его результатов с экспериментальными данными, полученными на макете системы.

В ходе работы проводится анализ алгоритмов обработки данных, моделируются различные сценарии функционирования системы, а также оценивается влияние помех и ошибок измерений на точность определения координат. На текущем этапе исследования осуществляется тестирование разработанных программных средств, проводится сбор данных и их первичная обработка.

Дополнительно исследуется зависимость точности измерений от геометрии расположения приемных пунктов и характеристик оборудования. Будет исследовано влияние положения источника излучения и числа приемных позиций на точность многопозиционных систем наблюдения. Как положение источника влияет на геометрический фактор, что может изменять точность локализации объекта, так как разные позиции источника создают различные углы наблюдения и расстояния.

Предполагается, что результаты исследования позволят определить ключевые факторы, влияющие на точность МПСН, а также выработать рекомендации по их улучшению. Дальнейшие этапы работы будут включать углубленный анализ собранных данных, уточнение математических моделей и сравнительный анализ с реальными измерениями

Список используемых источников:

1 Зайцев Д.В. Многопозиционные радиолокационные системы. Москва., «Радиотехника», – 2007.

2 Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Дмитриев [и др.]; под ред. В. С. Шебшаевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1993.

3 Баженов, А.В. РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ/ Учебное пособие [Текст]/А.В. Баженов, Г.И.Захаренко, А.Н. Бережнов, К.Ю. Савченко./ Под ред. А.В. Баженова – Ставрополь:СВВАИУ(ВИ) , 2007. – 202 с.

Метод проведения комплексного аудита для оценки качества электронных модулей радиотехнических систем

Цветков В.Э., Буцкий Д.О., Зубрильцев Е.Е.

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

НИУ ВШЭ, Москва

Современные системы связи и РУ зависят от надёжности и качества входящих в их состав ЭМ. При проектировании ЭМ инженеры стремятся обеспечить заданный уровень надёжности за счёт расчётов, учитывающих характеристики электронной компонентной базы (ЭКБ) и специфику производственных процессов. Однако на практике часто возникает несоответствие между прогнозируемыми на этапе проектирования показателями надёжности и реальной статистикой отказов ЭМ в условиях эксплуатации [1-2]. Это свидетельствует о том, что применяемые методы расчёта и оценки надёжности не всегда отражают современные тенденции в технологиях производства и организации процессов управления качеством.

На отечественных предприятиях коэффициент качества производства, который является одним из поправочных коэффициентов, входящих в математическую модель оценки надёжности, является интегральным и может принимать только два значения: 0,2 – для космической отрасли и 1 – для военной сферы [3]. Данная особенность российского подхода не позволяет достоверно оценить реальный уровень надёжности ЭМ РУ. Между тем, в зарубежных стандартах (RIAC-HDBK-217Plus, FIDES Guide 2009) качество технологического процесса и эффективность управленческих решений производственных предприятий учитываются более детально, однако и эти методики имеют определённые недостатки, выраженные в несовершенстве организационной структуры опросников, которые используются для прогнозирования надёжности и качества изготавливаемых РУ [4].

Таким образом, все перечисленные факторы указывают на необходимость разработки собственного подхода к оценке надёжности ЭМ.

Настоящая работа ставит своей целью повысить точность количественной оценки показателей надёжности ЭМ РУ, учитывая как качество технологического процесса, особенности ЭКБ, так и эффективность СМК.

Разработанный усовершенствованный метод основывается на проведении комплексного аудита на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) ЭМ, что позволит идентифицировать конкретные этапы ЖЦ, на которых существует наибольший риск возникновения дефектов или организационных ошибок, приводящих впоследствии к снижению качества и надёжности РУ. Одно из основных преимуществ данного подхода заключается в

разработанной многоуровневой структуре опросника, включающей категорию отказов (с опорой на статистику отказов), уровень ЭКБ, процессы жизненного цикла и предметные области внутри организации-исполнителя, а также в распределении вопросов по блокам, связанным с конкретными этапами проектирования и производства. Более того, в опросник включены вопросы, связанные с проверкой СМК: анализируются опыт специалистов, система распределения ответственности, полнота ресурсного обеспечения, а также меры по улучшению качества.

Разработанный опросник реализован в формате веб-сервиса, что делает его доступным и удобным для любого предприятия. В то же время немаловажным преимуществом является созданная база данных, находящаяся на удалённом сервере, благодаря чему все результаты проведенных ранее аудитов сохраняются, что даёт заказчикам и исполнителям возможность накапливать статистику отказов и другие данные по проектам. Данный веб-сервис не просто собирает ответы, но и формирует аналитические материалы в виде графиков, показателей и текстовых сводок, позволяющих быстро получить наглядное процентное соотношение положительных и отрицательных характеристик предприятий по различным направлениям и этапам производственного цикла ЭМ. Если же предприятие занимается разработкой нескольких проектов одновременно, то в сервисе также реализована возможность проведения оценки качества электронных модулей по каждому проекту в отдельности с формированием детализированных отчётов по каждому из них.

Подводя итог, можно сказать, что ни в одном из существующих методов оценки надежности и качества ЭМ РУ факторы, связанные с организационными процессами и эффективностью управленческих решений, не охватываются в полном объёме. Таким образом, предложенный метод разработан для решения данной проблемы, обеспечивая более точную оценку коэффициента качества производства и его влияния на целевой уровень надёжности. Гибкая система опросника, реализованная в виде веб-сервиса, позволит выявлять проблемные точки на всех этапах и стадиях ЖЦ РУ, что приведет к значительному сокращению временных и финансовых ресурсов, а также создать основу для непрерывного совершенствования мероприятий по производству ЭМ. В дальнейшем данный метод планируется дополнить новыми механизмами сбора и верификации данных, а также интегрировать его в специализированные программные комплексы по оценке надежности, такие как АСОНИКА.

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 2025 г.

Список используемых источников:

1. Королев П. С. Комплексный метод оценки показателей безотказности радиотехнических устройств космической аппаратуры // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2021. Т. 64. № 4. С. 316-328.
2. Королев П. С., Жаднов В.В. Оценка «коэффициента качества производства» для модели интенсивности отказов радиотехнических приборов непилотируемых автоматических космических аппаратов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2020. Т. 63. № 3. С. 264-277.
3. Надёжность электрорадиоизделий: Справочник. – М.: МО РФ, 2006 – 641 с.
4. RIAC-HDBK-217Plus. Handbook of 217PlusTM Reliability Prediction Models. USA: RIAC, 2006. 170 p.

Направление №5 Ракетные и космические системы

Секция №5.1 Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов

Исследование грунта планеты Венера с помощью зонда-пенетратора с реактивным двигателем

Алтухов Е.С.

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.

Авторы предлагают использовать адаптацию зонда-пенетратора проекта «Марс-96» в качестве технического средства для исследования грунта в составе перспективного космического аппарата для Венеры. Пенетратор представляет собой ударный зонд, предназначенный для анализа физико-химического состава поверхности планеты. Он способен проникать на заданную глубину, обеспечивая сбор данных о грунте, и обладает возможностью жесткой посадки, что снижает сложность спуска и уменьшает размеры и массу тормозного устройства [1-2]. Однако, предыдущие исследования показали, что из-за высокой плотности атмосферы Венеры, даже с модифицированным тормозным устройством не удастся достичь требуемых показателей скорости внедрения аппарата [3, 4].

В работе:

- предложена схема построения эксперимента с помощью зонда-пенетратора;
- на основе построенной математической модели проведен анализ движения пенетратора в атмосфере Венеры [3, 4];
- был проведен сравнительный анализ видов реактивных двигателей, применимых к установке для увеличения скорости зонда;
- вычислено необходимое время работы и высота включения двигателя для обеспечения максимальной скорости внедрения при минимальной массе топлива.

Таким образом, использование реактивного двигателя для придания дополнительного ускорения в плотных слоях атмосферы Венеры дает возможность достичь проектных скоростей аппарата, которые позволят внедриться в грунт на 3-6 метров и получить большое количество данных о грунте Венеры с глубины, до которой не достают манипуляторы буровых установок и грунтозаборных устройств других посадочных аппаратов и станций на поверхности. Кроме того, зонд-пенетратор из проекта «Марс-96» является автономным исследовательским устройством, оснащенным широким спектром приборов для анализа грунта и климатических условий планеты. Благодаря малой массе по сравнению с посадочными аппаратами, после соответствующей адаптации он может быть использован в перспективных миссиях на Венеру. Возможна отправка как одиночных зондов, так и их группировки, что позволит получать детальные данные о конкретном участке поверхности или собирать информацию из различных регионов планеты. Кроме того, наличие наработки по проекту «Марс-96» существенно сократит затраты на разработку, испытания и может ускорить процесс создания данного технического средства.

Список используемых источников:

1. Воронцов В.А., Малышев В.В., Пичхадзе К.М. Системное проектирование космических десантных аппаратов. – М.: Изд-во МАИ, 2021. – 256с.

2. Пичхадзе К.М., Малышев В.В. Математическое обеспечение для проектно-баллистического исследования динамики неуправляемого движения спускаемых аппаратов: Монография. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2018 – 210с.

3. Алтухов Е.С., Яценко М.Ю. Исследование грунта планеты Венера с помощью зонда-пенетратора типа «Марс- 96» // Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения-2024». Сборник тезисов докладов тезисы докл. - М.: Издательство Перо, 2024. – С.424.

4. Воронцов В.А., Алтухов Е.С., Яценко М.Ю., Некоторые вопросы создания зонда-пенетратора для исследования грунта планеты Венера //59-е-Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского» (Калуга, 17-19 сентября 2024г.). Сборник тезисов: в 2 ч. Ч.2 - тезисы докл. - М.: Изд-во «Эйдос», 2024.- С.97-100.

Предложения по облику объектов наземной космической инфраструктуры подготовки и пуска ракет-носителей сверхлегкого класса

Богачев Э.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гераськин А.М.

АО «ЦНИИмаш», Королев

Тенденция к росту рынка малых космических аппаратов в течение ближайшего десятилетия очевидна и достаточно устойчива [1].

Для удовлетворения спроса на услуги по запуску малых космических аппаратов по всему миру создаются космические ракетные комплексы на базе ракет-носителей (РН) сверхлегкого класса (СЛК), способные вывести полезную нагрузку до 1000 кг на низкую околоземную орбиту. В настоящее время известно более 100 проектов по РН СЛК, находящихся в различных стадиях реализации [2].

Исследовательские и проектно-конструкторские работы по созданию ракет-носителей сверхлегкого класса активно ведутся и в России. Эти работы выполняются как государственными предприятиями, так и частными космическими компаниями. Помимо указанных проектов, работы по обоснованию технического облика сверхлегких ракет-носителей и комплексов на их базе ведутся отдельными научно-инженерными коллективами и ведущими высшими учебными заведениями страны.

Необходимость обеспечения конкурентоспособности ракеты-носителя на стремительно расширяющемся рынке предоставления пусковых услуг в сегменте сверхлегкой размерности, в том числе в условиях ужесточения требований к оперативности обеспечения пусков и заинтересованности коммерческих и государственных заказчиков в выполнении пусков «по требованию» (концепция «on-demand launches») [3, 4] обуславливает необходимость реализации новых подходов к созданию и организации эксплуатации комплексов на базе ракет-носителей сверхлегкого класса.

В рамках указанной концепции выполнения пусков "по требованию" одним из существенных требований, предъявляемых к объектам наземной космической инфраструктуры, является минимизация продолжительности циклов приведения его в готовность к работе, а также снижение степени влияния на продолжительность подготовки ракет-носителей (ракет космического назначения (РКН)) к пуску.

Под снижением степени влияния на продолжительность подготовки РН (РКН) к пуску понимается следующее.

Согласно текущей практике работ по подготовке ракет-носителей и их составных частей (СЧ), после доставки на космодром с завода-изготовителя они подвергаются определенному объему испытаний, подтверждающих их исправность и готовность к сборке ракеты-носителя, сборке, проверкам вновь образованных связей и так далее до полной интеграции всех составных частей РКН в обеспечение ее готовности к вывозу на стартовый комплекс, проведения предпусковых операций и пуска.

В продолжительность выполнения указанных технологических операций включаются также работы, проведение которых необходимо для непосредственного применения наземного технологического оборудования (НТО) по назначению, например:

- смена такелажных схем в ходе подъемно-перегрузочных работ различных составных частей ракет космического назначения;
- перестановка монтажно-стыковочных тележек;
- выход на заданный режим (выход на режим систем термостатирования до осуществления подачи кондиционного теплоносителя в термостатируемые отсеки составных частей ракет космического назначения);
- опрессовка пневмогидравлических коммуникаций, захолаживание наземных криогенных коммуникаций и тому подобное.

Возможным вариантом сокращения либо исключения указанных временных "издержек" является сокращение номенклатуры применяемого технологического оборудования и его унификация. Тем не менее стоит отметить, что даже рациональная унификация НТО не позволит заметно снизить степень влияния объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ) на продолжительность цикла подготовки без оптимизации схем взаимодействия наземного технологического оборудования с РН (РКН) в ходе их подготовки к пуску на космодроме. Среди возможных и наиболее перспективных направлений совершенствования указанных схем взаимодействия с учётом малых массогабаритных характеристик РН СЛК и РКН на их базе можно отметить следующие:

- исключение подъемно-перегрузочных работ с СЧ РКН;
- исключение межплощадочных перемещений СЧ РКН либо минимизация расстояний между техническими, стартовыми комплексами и запраочно-нейтрализационной станциями.

Таким образом в работе представлены сформированные с учётом мировых тенденций и актуальных требований по оперативности осуществления пуска предложения по облику объектов наземной космической инфраструктуры подготовки и пуска ракет-носителей сверхлёгкого класса.

Результаты работы могут быть использованы при обосновании тактико-технических требований и основных технических решений по объектам наземной космической инфраструктуры отечественных космических ракетных комплексов сверхлёгкого класса.

Список используемых источников:

1. Prospects for the Small Satellite Market. A global supply and demand analysis of government, commercial and academic satellites up to 500 kg (Free extract): a Novaspaces Report, December 2024 / Novaspaces, 2024. 17 p.
2. Erik Kulu. Small Launchers - 2023 Industry Survey and Market Analysis // 74th International Astronautical Congress. 2023 г.
3. Completed Mission. Victus Nox. Responsive Space Demonstration [Электронный ресурс] // Firefly Space: [сайт] [2023]. URL: <https://fireflyspace.com/missions/victus-nox/> (дата обращения 17.02.2025).
4. Rocket Lab Selected by Space Systems Command to Build and Launch Spacecraft for Tactically Responsive (TacRS) Mission [Электронный ресурс] // Rocket Lab: [сайт] [2024]. URL: <https://www.rocketlabusa.com/updates/rocket-lab-selected-by-space-systems-command-to-build-and-launch-spacecraft-for-tactically-responsive-space-tacrs-mission/> (дата обращения 17.02.2025).

Разработка автономного космического аппарата для многократных перелётов и исследования поверхности Марса

Гарашенко Д.К., Марковчин Н.В., Суков Н.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Ламзин В.А.

МАИ, Москва

Традиционные методы исследования Марса, основанные на использовании стационарных посадочных модулей и малоподвижных марсоходов, ограничены в охвате территорий и оперативности сбора данных. Данная работа предлагает решение в виде специализированного космического аппарата (КА), способного осуществлять многократные

автономные перелёты в условиях разреженной атмосферы Марса, сочетая высокую мобильность с функционалом детального фотографирования поверхности.

Основные особенности разработки: Космический аппарат спроектирован для выполнения автономных многократных перелётов в условиях Марса, с использованием алгоритмов адаптации к переменным параметрам среды, что обеспечивает устойчивость миссии в нештатных ситуациях. Аэродинамическая форма и прочностные характеристики оптимизированы в специализированном ПО (Nastran) с учётом экстремальных нагрузок при взлёте, посадке и полёте, включая вибрации и термические деформации в атмосфере Марса. Интегрированная система фотографирования оснащена камерами высокого разрешения для детального картографирования поверхности и автоматического выбора зон изучения. Проектировочная 3D-модель аппарата, созданная в CAD-системе (NX), позволит снизить массу конструкции, одновременно повысив её устойчивость к внешним воздействиям.

Результаты: в рамках проведённых испытаний разработана проектировочная модель автономного космического аппарата. Точность посадки обеспечена за счёт внедрения специализированных алгоритмов обработки данных. Кроме того, 3D-модель аппарата, протестированная в виртуальной среде, подтвердила устойчивость конструкции к нагрузкам до 5g, что соответствует требованиям для эксплуатации в условиях марсианской атмосферы.

Перспективы: Дальнейшее развитие проекта предполагает разработку реального прототипа для внедрения автономного космического аппарата в миссии по разведке потенциальных зон для посадки пилотируемых аппаратов, что повысит безопасность и точность будущих экспедиций. Модернизация системы навигации позволит анализировать данные в реальном времени, прогнозировать оптимальные маршруты и адаптироваться к динамическим условиям марсианской среды.

Список используемых источников:

1. Balaram, B. et al. (2021). Ingenuity Mars Helicopter: From Design to Flight. NASA/JPL.
2. Grip, H.F. et al. (2020). Flight Control System for NASA's Mars Helicopter. Journal of Guidance, Control, and Dynamics.
3. Braun, R.D. (2021). Mars Exploration Entry, Descent, and Landing Challenges. Progress in Aerospace Sciences.

Разработка конструктивно-компоновочных схем марсианского ЛА

Гарно П.Р.

Научный руководитель — Тузиков С.А.

МАИ, Москва

Освоение Марса представляет собой важную задачу для человечества, обусловленную необходимостью дальнейшего освоения космоса, разработкой ресурсов за пределами Земли и ускорением научно-технического прогресса. Одним из ключевых направлений является создание специализированных летательных аппаратов (ЛА), способных выполнять долговременные миссии в экстремальных условиях марсианской среды.

В рамках исследования рассмотрена возможность проектирования ЛА, адаптированного к специфическим условиям марсианской атмосферы. Атмосфера Марса, состоящая на 95% из углекислого газа, характеризуется крайне низкой плотностью ($\approx 1\%$ от земной) и давлением (≈ 600 Па для диапазона высот 100-2500 м). Эти факторы существенно влияют на динамику полета, в частности:

- необходимо обеспечение достаточной подъемной силы, что потенциально будет приводить к увеличению площади крыла (и, соответственно, массы ЛА);
- с учетом ограниченной доступности солнечной энергии возможным решением может являться необходимость использования гибридных систем энергообеспечения, что накладывает дополнительные ограничения по энергопотреблению бортового оборудования ЛА;
- необходимо рассмотрение возможностей использования применения альтернативных схемных решений при формировании проектного облика ЛА.

Рассматриваются вопросы определения проектного облика марсианского ЛА, возможные конструктивно-компоновочные схемы, его основные параметры.

Проанализированы возможности применения гибридных конструктивно-компоновочных схем [1,2], обеспечивающих функционирование ЛА в условиях разреженной атмосферы, включая совместное использование аэростатических и аэродинамических принципов создания подъемной силы.

Технические решения, которые смогут поспособствовать решению задачи разработки ЛА [3]:

- 1) крыло большого удлинения (с изменяемой геометрией) для компенсации малой плотности атмосферы (например, в соответствии с [4]);
- 2) использование легких композитных материалов для снижения массы ЛА;
- 3) высокооборотные электродвигатели с винтами рационального диаметра;
- 4) гибридная система энергообеспечения;
- 5) гибридный принцип создания системы подъемных сил: совместное использование винтовых электродвигателей и аэростатных схем для различных этапов полета ЛА.

Были рассмотрены различные аэродинамические типы ЛА:

- 1) «Летающее крыло» [3,4];
- 2) «Биплан»;
- 3) «Тандем».

Были также проанализированы дополнительные технические решения с электродвигателями, с использованием аэростатных схем, варианты гибридных схем.

В результате исследования разработаны предложения для конструктивно-компоновочных схем типовых марсианских ЛА, предложены варианты состава бортового оборудования, основных бортовых систем и технических решений, получена массово-энергетическая сводка по результатам расчетов.

Список используемых источников:

1. Мишин В.П. Основы проектирования летательных аппаратов. - Машиностроение, 2005. – 375 с.
2. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22 / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев и др.; под ред. В.П. Легостаева. В 2 кн. Кн. 2. Ч. II. 2014. 548 с. Машиностроение. Энциклопедия / Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение.
3. Кругосветный перелет Solar Impulse 2 на солнечной энергии // URL: [https://www.facte.eu/elektrosamolet/solar-impulse-2-otpravilsya-v-krugosvetnoe-puteshestvie?](https://www.facte.eu/elektrosamolet/solar-impulse-2-otpravilsya-v-krugosvetnoe-puteshestvie?ysclid=m4ag7t5syr568895262) (дата обращения: 10.11.2024).
4. PRANDTL-M: Designing a New Mars Glider // URL: <https://ntrs.nasa.gov/> (дата обращения: 10.11.2024).

Разработка оптико-электронного модуля, работающего в режиме стереосъемки, для МКА дистанционного зондирования Земли формата «CubeSat»

Губанова Д.С., Якубовский С.В., Зайцев И.М.

Научный руководитель — Орешечкин С.С.

ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», Москва

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляют собой интеграцию передовых оптических технологий, алгоритмов обработки сигналов и вычислительных методов моделирования, что позволяет получать высокоточные геопространственные данные для решения актуальных задач мониторинга поверхности Земли.

В настоящее время в связи со стремительным развитием инфраструктуры городов, крупных населённых пунктов России и стран ближнего зарубежья наблюдается острая потребность в получении актуальной геопространственной информации. В ряде случаев, таких как: изучение рельефа местности, создание трёхмерных цифровых моделей объектов съёмки, высокоточного картографирования, необходимо наличие высотной информации, источником которой является стереосъёмка.

В данной работе проводится комплексный научный анализ возможности создания стереопары малогабаритной оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) ДЗЗ. Цель настоящей исследовательской работы состоит в создании цифровой трёхмерной модели оптико-электронного модуля (ОЭМ), включающего в себя стереопару малогабаритной ОЭА, для МКА ДЗЗ формата «CubeSat». В ходе исследования, проведённого на ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», был выполнен сравнительный анализ возможных схемных решений оптических систем для ОЭМ. Установлено, что наиболее технологически реализуемой в условиях жестких габаритных ограничений аппаратуры формата CubeSat, является осесимметричная зеркальная система Ричи-Кретьена.

После выполнения габаритного расчета оптической системы стереопары, полученные конструктивные параметры были смоделированы с использованием специализированного программного обеспечения «Zemax», что позволило оценить качество изображения. В процессе моделирования выявлено, что в системе доминируют полевые aberrации, требующие корректировки, что потребовало дальнейшей оптимизации оптической системы и интеграции линзового компенсатора.

Конструктивная реализация рассчитанной схемы выявила ряд значимых преимуществ: осевая симметрия конструкции обеспечивает простоту сборки, точность юстировки и эффективный контроль параметров оптической системы. Вынос плоскости изображения за главное зеркало позволяет осуществлять модульную компоновку и автономную замену составных частей ОЭА, таких как сама оптическая система, так и блок фотоприемного устройства.

Конструкция ОЭМ разработана с учётом последних тенденций в области современных технологий с применением композитных материалов.

Реализованная конструкция ОЭМ демонстрирует перспективность создания МКА для геоинформационных систем ДЗЗ формата «CubeSat».

Список используемых источников:

1. Грамматин А.П. Синтез оптических систем, состоящих из линз с апланатическими и изопланатическими поверхностями и бесконечно тонких компонентов // Труды ГОИ. – 1981. т.49, вып.183. – С. 23.
2. Спосарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.

Мониторинг космического мусора с использованием ОЭС орбитального базирования

Денисов А.Е.

Научный руководитель — Бурмистров П.О.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Развитие космической деятельности, рост числа космических держав и стремительное наращивание группировки эксплуатируемых космических аппаратов (КА) в околоземном космическом пространстве (показателен пример космической группировки Starlink компании SpaceX) обостряет проблему космического мусора (КМ). Согласно данным NASA и ESA, количество космического мусора на орбите Земли постоянно увеличивается и на 2023 год составляет более 36000 объектов размером более 10 см. Проблема космического мусора привлекла внимание в конце XX века, но угрозы для космических аппаратов (КА) долгое время игнорировались. Осознание реальности угрозы произошло в 1996 году после столкновения французского КА с фрагментом ракеты-носителя, что привело к его разрушению. Современные учёные предупреждают о возможности каскадного эффекта (эффекта Кessler), при котором столкновение обломков порождает новые обломки, что повлечёт лавинообразный рост мусора.

Созданная в 2016 году автоматизированная система предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве (АСПОС ОКП) предназначена для мониторинга и прогнозирования опасных ситуаций, которые могут возникать из-за космического мусора. Для работы используется сеть наземных радиолокационных и оптических станций, отслеживающих объекты, после чего проводится анализ данных и

составление прогноза потенциально опасного сближения и, наконец, передача данных заинтересованным организациям. Следующим словом в развитии системы мониторинга ОКП стала концепция создания системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве «Млечный путь», утверждённая Роскосмосом в 2022 году. Основу технологии обеспечения безопасности составляет мониторинг КМ, в том числе ведение каталога орбитальных элементов КМ. По результатам прогноза опасных сближений КА с элементами КМ планируются мероприятия по уменьшению риска столкновения.

Помимо российских проектов, стоит обратить внимание на проекты международные. Многие страны занимаются исследованиями в данной области и сотрудничество является неотъемлемым элементом развития отрасли. В качестве примера можно обратиться к российско-китайским наблюдениям фрагментов разрушения ракетной ступени «Центавр» в 2019 г.

Предметом анализа данной работы являются оптико-электронные средства орбитального базирования.

Существует определенная специфика в решении задачи мониторинга КМ космическими средствами в разных зонах ОКП. Рассмотрим зону геостационарных орбит (ГСО) и зону низкоорбитальных космических объектов (НОКО).

Зона ГСО: относительно меньшая по сравнению с НОКО плотность элементов КМ (однако практически неограниченное время пребывания КМ на орбите); ограниченные возможности мониторинга наземными оптико-электронными и радиолокационными средствами малоразмерных элементов КМ.

Зона НОКО: плотность элементов КМ больше на 2 порядка; высокая эффективность применения оптико-электронных и радиолокационных средств.

С учетом данных особенностей существуют следующие варианты создания орбитальных средств мониторинга.

Основные варианты мониторинга в зоне ГСО: специализированный субгеостационарный КА, обходящий геостационарную область; ОЭС мониторинга околообъектового пространства, располагающиеся на «крупных» геостационарных КА в качестве «дополнительной нагрузки».

Специализированный КА фактически является инспектором и получение информации о мелкой фракции КМ может быть побочным результатом проведения инспекций.

Система мониторинга околообъектового пространства может рассматриваться как аппаратно-программная система наблюдения опасных сближений охраняемого КА с малоразмерными космическими объектами. Идея построения таких устройств имеет давнюю историю. В докладе рассмотрен возможный технический облик и принципы работы бортовой оптико-электронной аппаратуры.

Основные варианты мониторинга в зоне НОКО: специализированный КА, обеспечивающий наблюдение за областью НОКО; ОЭС мониторинга околообъектового пространства, располагающиеся на КА различного класса и назначения в качестве «дополнительной нагрузки».

Специализированный КА мониторинга космического мусора во многом дублирует наземные средства.

Низкоорбитальные же средства околообъектового наблюдения занимают промежуточное положение между бортовым звездным навигационным датчиком и полноценным средством мониторинга. Основные черты ОЭС: отсутствие системы перенацеливания; малые масса, объем, энергопотребление. Малый объем передаваемой на землю информации (бортовая обработка зарегистрированных кадров).

В рамках задачи обеспечения безопасности космической деятельности предлагается использование важного дополнительного источника информации: оптико-электронных средств мониторинга космического мусора, размещаемых на КА.

Бортовые оптико-электронные средства наблюдения КМ позволят осуществлять мониторинг малоразмерных фрагментов КМ с целью оперативного уточнения и калибровки динамических и статистических моделей распределения техногенных малоразмерных КО.

Список используемых источников:

1. Вениаминов С.С., КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР: УГРОЗА ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ (Второе издание, исправленное и дополненное), 2013 г.
2. Концепция создания системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве «Млечный путь» на период 2022-2025 годов и на перспективу до 2035 года, 2022 г.
3. Молотов И. Е., Р. Ю Сун, Ч. Занг, У. Баррес де Алмейда, Захваткин М. В., Титенко В.В., Стрельцов А. И., Мохнаткин А. В., Кокина Т. Н., Еленин Л. В., Российско-китайские наблюдения фрагментов разрушения ракетной ступени «Центавр» — первый шаг к сети обсерваторий БРИКС, 2019 г.

Реализация концепции механическо-импульсного перемещения в космосе с помощью упругих деформируемых элементов и точки опоры на примере проектирования «прыгающего» космического аппарата для исследования пояса астероидов

Диланян А.П., Пятыго М.И.

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

МАИ, Москва

Исследование астероидов является сложной и энергоёмкой задачей. Для подробных исследований необходима мягкая посадка на их поверхность, что дополнительно усложняет задачу и делает её дороже.

Актуальность работы объясняется двумя моментами: научно-практическим потенциалом пояса астероидов. Их изучение позволит понять, как устроена Солнечная система и позволит наметить залежи ресурсов в их недрах; успешная реализация предложенной концепции предоставит новые возможности в изучении поля астероидов как структуры, а также позволит удешевить миссии к астероидам, увеличить их продолжительность и охват. Что позволит получать больше научных данных и тратить на порядок меньше топлива.

Цель работы - реализация концепции механическо-импульсного перемещения в космосе с помощью упругих деформируемых элементов и точки опоры, проектирование космического аппарата для исследования астероидов на основе представленной концепции, конструирование узлов, обеспечивающих реализацию концепта и рассмотрение баллистики и прочности «прыгающего» аппарата.

На основе анализа миссий космических аппаратов Марс-96 [1], Луна-25 [2] и Кассини-Гюйгенс [3] и их конструкций был спроектирован «прыгающий» космический аппарат. Для визуализации элементов конструкции и прочностных расчётов были использованы САД программы, в которых проводилось моделирование, создание схем, кинематических и конструктивно-компоновочных схем.

В процессе работы были получены следующие результаты:

- 1) сформирована теория о импульсно-механическом перемещении;
- 2) спроектирован космический аппарат: в первом приближении получены его массогабаритные параметры, количество топлива, полезная нагрузка, конструктивно-компоновочные решения и схемы;
- 3) представлены несколько возможных конфигураций реализации конструкции аппарата;
- 4) разработана и рассчитана миссия к поясу астероидов;
- 5) спроектирована система осуществления посадки и амортизации аппарата от поверхности астероида;
- 6) приведена общая баллистика перелёта аппарата и реализации его перемещения по астероиду;
- 7) представлена физико-математическая модель специфики посадки на поверхность астероидов.

В работе представлен проект, который сможет предоставить новые возможности для изучения пояса астероидов и других космических тел за счёт использования энергии

деформации упругих элементов и точки опоры в виде поверхности астероидов. Это в свою очередь позволит осуществлять более длительные, дешёвые и эффективные миссии в дальний космос за счёт экономии топлива.

Список используемых источников:

1. Автоматическая межпланетная станция «Марс-96». [электронный ресурс]: URL: <https://www.laspace.ru/ru/activities/projects/mars-96/>.
2. Пресс-кит Луна-25. [электронный ресурс]: URL: <https://www.laspace.ru/upload/iblock/539/42wfeaqzt3hln99tq0qjtlxenrf9itr.pdf>.
3. Cassini-Huygens. [электронный ресурс] : URL: <https://science.nasa.gov/mission/cassini/>.

Создание твердотопливной ракеты с пружинной системой спасения

Жигалкин А.К.

ЮФУ, Ростов-на-Дону

Космическая отрасль для России имеет стратегическое значение. Ее уверенное развитие необходимо для национальной безопасности, укрепления научного потенциала и создания инновационных производств. Исследование и освоение космоса, использование открывающихся возможностей в интересах экономики, социальной сферы – это важнейшие направления технологического прорыва России.

Одной из главных проблем в ракетостроении является безопасность и надежность запуска ракет. Это включает в себя такие аспекты, как затратность, несовершенство технических систем, экологический вопрос, безопасность перевозки и международная координация. Решение этой проблемы требует научных и технологических исследований, инноваций и международного сотрудничества.

Цель: разработка и экспериментальная проверка пружинной системы спасения для твердотопливной ракеты, которая обеспечит отделение полезной нагрузки и раскрыв парашюта.

Конструкция: система включает пружину, установленную внутри цилиндра, которая сжата во время полета ракеты. Поршень, соединенный с полезной нагрузкой и парашютом, находится в этом цилиндре.

Работа: при достижении апогея система активируется. Сжатая пружина расширяется, выталкивая поршень и отделяя полезную нагрузку от основной части ракеты.

Активация: в системе используются датчики давления или углового ускорения.

Электронная система: активация может быть выполнена автоматически или вручную через дистанционное управление.

Разворачивание: после отделения полезной нагрузки пружинный поршень также выталкивает парашют, что обеспечивает мягкое приземление.

- 1 этап – теоретические расчеты ракеты в Open Rocket
- 2 этап – моделирование деталей ракеты
- 3 этап – разработка и расчет системы спасения
- 4 этап – печать деталей на 3D-принтере
- 5 этап – сборка капсулы и внутренней электроники
- 6 этап – сборка капсулы ракеты, крепление крыльев и внутренних деталей
- 7 этап – тестирование ракеты (запуск)

Список используемых источников:

1. Сокольский В. Н. Ракеты на твердом топливе. - М.: Изд-во АН СССР, 1964.
2. Феодосьева В.И. «Основы техники ракетного полета», 1961.
3. Мишина В.П. «Основы проектирования летательных аппаратов (Транспортные системы)», 1985.
4. Глушко В.П. Ракетные двигатели ГДЛ-ОКБ. – М.: Изд-во АПН, 1975.

Методы селективного сплавления при конструировании космических аппаратов

Ивашкина К.О.

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

МАИ, Москва

Селективное лазерное сплавление (СЛС) представляет собой одну из наиболее прогрессивных технологий в области аддитивного производства, позволяющую изготавливать детали с исключительной точностью и минимальным количеством дефектов. В космической индустрии данная технология приобретает особую значимость при создании компактных герметичных контейнеров, предназначенных для размещения чувствительного оборудования космических аппаратов. Такие контейнеры должны не только обеспечивать надежную защиту от внешних воздействий, но и отличаться минимальным весом при сохранении высокой прочности и надежности.

Ключевым преимуществом СЛС является значительное сокращение расхода материалов, что напрямую влияет на массу готового изделия. Для космической техники снижение веса имеет критическое значение, поскольку каждый лишний грамм требует дополнительных ресурсов на этапах проектирования, производства и запуска. Более того, СЛС позволяет создавать контейнеры с оптимизированной геометрией, обеспечивающей необходимую прочность при минимальном использовании материала. Это способствует снижению массы изделия на 45-55%, а также повышению общей эффективности конструкции.

Важным аспектом применения СЛС является выбор подходящих материалов. Для космических аппаратов ключевыми критериями являются механические свойства материалов, их устойчивость к внешним воздействиям, таким как вибрации и удары, возникающие при старте или в условиях космического пространства. Чаще всего для производства контейнеров используются титановые и алюминиевые сплавы, которые сочетают в себе высокую прочность и относительно низкий вес. Титан отличается exceptional устойчивостью к механическим нагрузкам и внешним воздействиям, в то время как алюминиевые сплавы обеспечивают необходимую легкость, что особенно важно для компонентов космических аппаратов. Благодаря СЛС становится возможным точное управление толщиной стенок, формой конструкции и устранение дефектов, характерных для традиционных методов производства. Это позволяет достичь требуемой прочности и герметичности при минимальной массе.

Однако использование СЛС в производстве герметичных контейнеров сопряжено с рядом технологических сложностей. Одной из основных проблем является обеспечение равномерности расплавления и сплавления материала. Лазерный луч должен быть точно настроен, чтобы избежать образования дефектов, таких как трещины или поры, которые могут нарушить герметичность конструкции. Даже незначительные ошибки в процессе производства могут привести к утечкам и сбоям в работе оборудования. Поэтому при лазерном сплавлении крайне важно контролировать такие параметры, как скорость подачи материала и температура лазера. В то же время, технология позволяет более точно распределять материал в критически важных зонах, не увеличивая общий вес изделия.

В перспективе СЛС может стать основным методом производства не только отдельных компонентов, но и сложных структурных элементов космических аппаратов. Возможность интеграции нескольких функций в одной детали, созданной с помощью СЛС, позволит сократить количество компонентов и повысить эксплуатационные характеристики аппаратов. В будущем, с дальнейшим развитием этой технологии, можно ожидать, что космические миссии станут более экономичными и эффективными, а новые поколения контейнеров смогут выдерживать еще более экстремальные условия эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Антонова В.С., Осовская И.И. Аддитивные технологии: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017. – 30 с.
2. Гушин В.Н. Основы устройства космических аппаратов. М., Машиностроение, 2003. – 272 с.

Многоразовый космический буксир

Кочеткова М.Д.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Кольга В.В.

СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, Красноярск

Цель проекта – разработка многоразового космического буксира.

Общей тенденцией развития ракетостроения является освоение технологий создания и применения многоразовых транспортных космических систем. Многоразовые системы позволяют значительно сократить расходы на запуск, т.к. основная часть оборудования используется многократно.

Многоразовый космический буксир (МКБ) – это тип космического аппарата, используемый для многократного перемещения полезной нагрузки с опорной орбиты на целевые. Предполагается, что он будет выводиться на опорную орбиту 1 раз, и многократно осуществлять межорбитальные переходы для вывода на целевую орбиту запускаемой с Земли полезной нагрузки (ПН). Использование многоразового космического буксира позволит сократить массу последней ступени ракеты-носителя (РН) или заменить её на полезную нагрузку. Таким образом при использовании данной разработки значительно повышается грузоподъёмность ракеты.

Также использование МКБ позволит значительно снизить количество космического мусора в околоземном пространстве.

Ракета-носитель выводит космический аппарат (КА) на промежуточную (опорную) орбиту, стартуя с которой КА выходит на рабочую орбиту. Для этого приходится выполнять манёвры, которые КА осуществить самостоятельно не сможет, так как они требуют больших характеристических скоростей, а это приведет к большим затратам топлива. Эти задачи решаются с помощью промежуточного космического аппарата, получившего название разгонный блок (РБ). В задачу этого блока входит доставка КА на рабочую орбиту.

На сегодняшний момент готовых решений нет, все разгонные блоки одноразовые, и при проектировании МКБ их можно рассмотреть только как аналог с точки зрения порядка работы для выполнения межорбитального перехода.

Предлагаемое решение: МКБ будет доставляться ракетой-носителем на опорную орбиту вместе с полезной нагрузкой (ПН), затем выводить ПН на целевую (рабочую) орбиту и возвращаться обратно на опорную. На ней МКБ будет находиться до отправки к нему с Земли следующей ПН ракетой-носителем. Вместе с ПН на опорную орбиту будут отправляться дополнительные баки с топливом. После стыковки из этих баков топливо будет перекачиваться в МКБ при помощи системы заправки. После заправки МКБ будет осуществлять переход на целевую орбиту вместе с дополнительными баками и ПН, а после отстыковки КА на орбите назначения, буксир возвращается обратно на опорную орбиту, где сбрасывает пустой дополнительный топливный бак.

Разработана конструкция многоразового космического буксира. Она включает в себя основные элементы: маршевый двигатель с системой управления, ориентации и стабилизации, основные баки топлива (окислителя и горючего), переходная ферма с узлами стыковки для крепления дополнительных топливных баков (доставляемых с Земли) и топливных магистралей, солнечные панели.

Разработаны узлы стыковки МКБ с топливными баками. Они представляют из себя замковые устройства механического крепления к буксиру дополнительных топливных баков.

Кроме того, разработан узел стыковки топливных магистралей дополнительных топливных баков с основными баками буксира. За основу конструкции взята технология «штырь-конус», которая обеспечивает компенсацию линейных и угловых рассогласований движения основного буксира и дополнительных топливных баков для образования между ними сцепки.

Нами предложена конструкция многоразового космического буксира и разработаны основные узлы стыковки конструкции. Использование данной разработки позволит значительно повысить грузоподъёмность ракеты-носителя и вместе с тем снизить себестоимость запусков ПН в околоземное пространство, а также минимизировать количество космического мусора в космосе.

Список используемых источников:

1. Патент № 2834259 Российская Федерация. Межорбитальный космический транспортный модуль / Кольга В. В., Замятин Д. А.; заявл. № 2024107229, от 20.03.2024 ; опубл. 04.02.2025, бюл. № 4.
2. Конструктивно-компоновочные схемы разгонных блоков: учебное пособие / В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 139, [1] с., ил.
3. Стыковочные устройства космических аппаратов / В. С. Сыромятников. - М.: Машиностроение, 1984. – 216 с., ил.

Формулирование идеи и концепции изобретения ракеты с дискретным изменением пассивной массы

Лазарев А.М., Мамедов Р.В., Тяпчева П.Р.

Научный руководитель — Нестеров С.А.

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

Современное развитие ракетной техники требует постоянного поиска новых решений для повышения эффективности полетов, увеличения дальности доставки полезной нагрузки и оптимизации топливных ресурсов.

Одним из перспективных направлений является проектирование ракет с отбрасываемой пассивной массой в процессе полета. Такой подход позволяет значительно снизить затраты энергии на перемещение системы, улучшить баллистические характеристики и повысить коэффициент полезного использования ракеты.

Разработка ракет с отделением более ненужных элементов позволяет сократить расходы на производство и эксплуатацию баллистических ракет большой дальности и ракет космического назначения.

Цель – разработать одноступенчатую ракету с дискретным изменением пассивной массы.

Задача – формулирование идеи и концепции изобретения.

Объект – ракетная техника с изменяющейся пассивной массой.

Предмет – одноступенчатая ракета на жидком или гелеобразном топливе, меняющая свою пассивную массу за счет движения ракетной двигательной установки.

Все современные конструкции ракет обладают существенным недостатком, заключающимся в необходимости поднятия на заданную орбиту пассивной нагрузки в виде обечайки израсходованных баков горючего и окислителя, что снижает массу полезной нагрузки и предельную достигаемую скорость ракеты под действием силы тяги. Технический прогресс дошел до края возможностей стандартной конструкции одноступенчатой ракеты. Вопрос повышения конструктивного совершенства одноступенчатых ракет стоит перед ракетостроением со времен межпланетного корабля системы Ф.А. Цандера. В связи с этим возникла идея отбрасывания пассивной нагрузки по мере израсходования топлива. Было предложено множество технических решений, среди которых, ближайшим аналогом изобретения можно считать схему ракеты с двигателем на гелеобразном топливе, разработанном в Ленинградском механическом институте, описанном в сборнике «Актуальные вопросы ракетостроения» вып. 1 СПб: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2001. С. 79-86.

Идея заключается в следующем:

1. Ракета, содержит сопло и камеру сгорания, соединенную посредством устройства забора топлива с емкостью, представляющую набор соединенных цилиндрических обечайек, в которой расположены компоненты топлива, движущийся вдоль корпуса и, отбрасывающий цилиндрические обечайки, то есть пассивную массу ракеты по мере израсходования топлива, отличающийся тем, что топливо может находиться как гелеобразном, так и в жидком состоянии.

2. Ракета по п. 1, отличается тем, что описаны узлы крепления цилиндрических обечаяк меж собой посредством пироустройства для стыка торцов цилиндрических обечаяк и соединения стрингеров при помощи пироболтов.

3. Ракета по п. 1, отличающаяся тем, что стрингеры, прикрепленные к цилиндрической обечайке, на участке шпилечной связи служат в качестве направляющих при сходе цилиндрической обечайки корпуса, обеспечивая безопасное отделение крайней цилиндрической обечайки от корпуса.

4. Ракета по п. 1, отличающаяся тем, что корпус, состоящий из цилиндрических обечаяк, на которых установлен винтовой паз, по которому движется ракетная двигательная установка, с помощью роликов появилась возможность регулировать скорость продольного движения устройства забора топлива, вплоть до остановки.

По итогам исследования было получено изобретение, которое относится к ракетам космического назначения и касается принципиальной схемы ракет-носителей, предназначенных для вывода полезной нагрузки на низкую околоземную орбиту, баллистических ракет большой дальности, а также использования в качестве ракетного блока в многоступенчатой ракете.

Ракетный двигатель, содержащий сопло и камеру сгорания, соединенную посредством клапанов с емкостью, в которой расположено топливо, отличающийся тем, что топливо находится в гелеобразном или жидком состоянии, емкость представляет собой днище полезной нагрузки, воронку устройства забора топлива набор скрепленных цилиндрических обечаяк, на которых установлен винтовой паз для движения по нему ракетной двигательной установки.

Ее движение осуществляется за счет силы тяги и регулируется роликами, установленными на винтовой поверхности шипа устройства забора топлива. По мере израсходования топлива устройство забора горючего движется по винтовому пазу, уменьшая объем топливного отсека, поддерживая необходимое давление в нем. Когда нижняя цилиндрическая обечайка опускается ниже заданного безопасного для отделения уровня, производится отделение очередной цилиндрической обечайки от ракеты, т.е. отбрасывание массы конструкции корпуса пропорционально расходу топлива.

Данная схема увеличивает массу выводимой полезной нагрузки и скорость, которую развивает летательный аппарат под воздействием тяги ракетного двигателя, по сравнению с классическими схемами одноступенчатых ракет.

Список используемых источников:

1. Оригинальные и неожиданные технические решения в ракетостроении и космонавтике: монография. Предисловие В.С. Новикова. / М.Н.Охочинский. – СПб: Изд-во «Инфо-Да», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф.Устинова, 2020. – 136 с. – (Библиотека журнала «Военмех». Вестник БГТУ», №33).

Проектирование конструкции на пневматических телескопических штангах, применяемой в составе системы электроснабжения космического аппарата

Матвеев А.С., Шинкарьук Н.С., Комаров М.В.

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

Солнечные батареи (СБ) на сегодняшний день считаются одним из самых надёжных и достаточно хорошо отработанных вариантов обеспечения электроэнергией аппарата в космическом пространстве, они стали неотъемлемой частью системы электроснабжения космических аппаратов и предназначены для генерирования электрической энергии на освещённых участках орбиты. Работа СБ и системы электроснабжения во многом определяет срок активного существования, конструкцию, массу и геометрию космического аппарата.

В настоящее время используются различные типы, традиционными являются СБ на трубчатых каркасах, промежутки между элементами которого заполнены гибким носителем

в виде натянутых струн, а также трёхслойные батареи из композиционных материалов с сотовым наполнителем.

Конструкции каркасов СБ должны обладать высокой геометрической стабильностью, жёсткостью и иметь минимальную массу, что необходимо для взаимного относительного фиксирования фотоэлектрических преобразователей с максимальной плотностью укладки, с целью увеличения удельных характеристик и надёжности СБ. В целях минимизации массовых и объемных характеристик СБ перспективным считается использование в составе космических аппаратов рулонных СБ. В данной работе предлагается проектирование новой конструкции СБ, сворачиваемой в компактный цилиндр для запуска с меньшим занимаемым объемом, обеспечивающей необходимого значения электрической мощности.

В качестве каркаса предлагается использование двух пневматических телескопических штанг из композитного материала. Крайние секции телескопических штанг жестко связаны с валом шпинделя. На шпиндель намотан сетчатый материал, изготовленный из стеклонитей методом уточно-филеинного переплетения с креплением на нем фотогальванических элементов для преобразования света в электричество. Основание каждой телескопической штанги насаживается на опорный вал поворотной балки, которая стыкуется через фланец с устройством поворота солнечных батарей, смонтированном на поверхности космического аппарата. Во время раскрытия солнечных батарей в полость телескопических штанг нагнетается газ, под давлением которого штанги раздвигаются. Одновременно с этим вал шпинделя приходит во вращение и полотно из сетчатого материала разматывается. Для анализа работоспособности конструкции необходимо дальнейшее исследование процесса раскрытия, расчёт прочности телескопических штанг и влияния скорости раскрытия на напряжённое состояние элементов конструкции.

Список используемых источников:

1. Никольский В.В. Проектирование космических аппаратов / В.В. Никольский; Балт.гос.техн. ун-т – СПб., 2003.
2. Никольский В.В. Основы проектирования автоматических космических аппаратов / В.В. Никольский; Балт.гос.техн. ун-т – СПб., 2007.
3. Козлов А.Г. Системы электропитания космических аппаратов. / А.Г.Козлов , В.В. Ходосов; Балт.гос.техн. ун-т – СПб., 2011.
4. Гушин В.Н. Основы устройства космических аппаратов – М.: Машиностроение, 2003.
5. Солнечные элементы и батареи космического применения URL: <http://www.rusnanonet.ru/> (дата обращения: 13.01.2019).

Разработка СПК для выполнения сборочно-монтажных работ во ВКД с дополнительными роботами-манипуляторами

Медведева А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Научно-исследовательские разработки по изучению средств и методов обеспечения перемещения и маневрирования космонавтов в условиях невесомости были начаты еще в начале 60-х годов одновременно с работами по созданию экспериментального скафандра для выхода в космос. В соответствии с этим техническим заданием в комплект скафандра должна была входить двигательная установка или, как ее сейчас называют, установка для перемещения и маневрирования космонавта.[1]

Основная цель – создание аппарата с двумя симметрично расположенными на боковых стенках корпуса роботами-манипуляторами и двумя боковыми блоками. Управление манипуляторами происходит за счет джойстиков, находящихся на ручках управления перемещения и вращения. В состав первого и второго блоков входят инструменты и принадлежности, применяемые во ВКД (отвертки, гаечные ключи, ленты, ткани и др.). Состав инструментов и принадлежностей варьируется в зависимости от выполнения задач. Каждый блок съемный и крепится болтами к стенке корпуса. Манипуляторы выполняются для точного позиционирования концевой рабочей органа. Чтобы правильно

спроектировать данную конфигурацию для выполнения сборочно-монтажных работ, необходимо решить следующие задачи:

1. По предварительным расчетам длина манипулятора не должна превышать 2,5 м, а масса должна составлять около 50 кг.

2. Наличие числа степеней свободы 7 по аналогии с человеческой рукой (три плечевых сустава; один локтевой сустав; три сустава на запястье), максимальный угол вращения шарнира – 360° . [2]

3. Установить на статической базе (стенке корпуса).

4. Точность позиционирования манипулятора 5-10 мм (болт с головкой 20 мм).

Задача создания устройства с дополнительными роботами-манипуляторами для облегчения сборочно-монтажных работ и облета вокруг космической станции является актуальной в наше время, так как человечество все активнее исследует космическое пространство в целях его освоения.

Список используемых источников:

1. Абрамов, И. П., Дудник, М. Н., Сверщек, В. И., Северин, Г. И., Скуг, А. И., Стокликий, А. Ю. Космические скафандры России — М., 2005. — 360 с.: ил.

2. Алиев, Н.А., Т.В. Сулейманов КРАТКИЙ ОБЗОР РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ СЕМЕЙСТВА CANADARM / Н.А. Алиев, Т.В. Сулейманов // Политехнический молодежный журнал. — 2023. — № 6. — С. 10.

Разработка крылатого беспилотного летательного аппарата для исследования атмосферы Марса

Назаров А.А.

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

МАИ, Москва

Исследование Марса – одна из приоритетных задач современной космонавтики, и атмосферные исследования играют ключевую роль в понимании эволюции планеты и ее потенциала для будущих колонизаций.

Традиционные методы, основанные на использовании посадочных аппаратов и роверов, имеют ограниченные возможности по изучению атмосферы на больших высотах и в разных регионах. В связи с этим, разработка крылатых летательных аппаратов для Марса представляет собой перспективное направление. Данная работа посвящена проектированию крылатого самолета, предназначенного для исследования атмосферы Марса.

Основной целью работы является создание концептуального проекта летательного аппарата, способного эффективно функционировать в условиях марсианской атмосферы, выполнять заданные исследовательские миссии и обеспечивать сбор ценных научных данных. Работа включает в себя анализ аэродинамических характеристик, выбор конструкционных материалов, разработку системы управления полетом и оценку энергетической эффективности предлагаемой концепции. Атмосфера Марса, разреженная и с иным химическим составом по сравнению с Земной, представляет собой серьезный вызов для авиационных технологий. Исследование ее динамики, структуры и состава имеет фундаментальное значение для изучения планеты.

Целью просчета оптимальной высоты и массово-скоростных характеристик аппарата, было не только нахождение наилучших вариантов. Ключевой идеей малогабаритного беспилотника являлась осуществление непрерывной работы, без остановки на подзарядку. Дело в том, что при создании аппарата в условиях Марса, трудно обеспечить необходимую подъемную силу для взлёта, после посадки, в противном случае, беспилотнику необходимо было увеличивать массу, менять компоновочную схему, обеспечивающую безопасную посадку и запуск. Желаемым результатом и ключевой идеей было движение по экватору Марса без солнечного затемнения, то есть скорость должна быть такой, что аппарат всегда находился под солнечными лучами, что даёт возможность исключить необходимые паузы для подзарядки, а также позволяет следить за поверхностью почти непрерывно.

В ходе работы представлены 2 программы помогающие ответить на вопросы возможности и оптимальности использования крылатого аппарата, так же сделаны выводы об экономической рентабельности проекта.

Список используемых источников:

1. Назаров Г.А., Прищепа В.И., Космические твердотопливные двигатели. – М.: Знание, 1980.– 63 с.
2. Буланов И. М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических изделий из композиционных материалов. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998, 513 с.
3. Компания | UMATEX Group. URL: <http://umatex.com/company/> (дата обращения 25.04.2022).
4. Голыгин Н.Х., Педь С.Е., Дружинин П.В. Основы взаимозаменяемости: Учебное пособие для вузов. : Изд-во МИИГАиК, 2020. –316 с.: ил.
5. ООО «Механик» Намоточные станки. URL: www.kolmexanik.ru.

Исследование вопроса возможности применения управляемого атмосферного зонда для изучения Венеры

Подковыров М.Д., Буряк И.А., Пехотина Г.В.

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

МАИ, Москва

Перспективность и технологичность КА (космических аппаратов) данной конструкции заключается в способности длительное время поддерживать рабочую высоту. Так, например, орбитальные аппараты хоть и способны длительное поддерживать свою орбиту, лишены возможности находиться настолько близко к атмосфере планеты, а расстояние до исследуемого объекта лишь затрудняет его изучение. Спускаемые аппараты, в случае с Венеры показали недостаточно высокий ресурс работы, ввиду выше указанных климатических и геологических условий. Венераианский дирижабль может послужить «золотой серединой» в вопросе продолжительных исследований планеты.

В ходе выполнения данной работы планируется получить данные касательно перспектив развития данного направления исследований, выполняемых КА, концептуальный эскиз конструкции аппарата по составной схеме, его приблизительные ТХ (технические характеристики), расчёт математической модель расхода и производства электроэнергии, а также схему полёта.

Длительные исследования помогут получить данные, которые базируются на длительном сборе информации и статистики. Состав воздушной оболочки планеты (химический состав (в особенности содержания фосфина), данные о строении атмосферы, облаков, радиационных и парниковых показателях)

Аппарат подобного типа способен решать следующие исследовательские проблемы, требующие продолжительных изысканий:

- Картирования, сквозь плотную атмосферу, поверхности планеты и попытки обнаружить признаки некоторых процессов, таких как тектоника литосферных плит или проявлений вулканизма, взаимодействия между атмосферой и поверхностью.

- Определения примерного состава грунта с помощью спектров поглощения и отражения, что будет являться началом к решению геологических вопросов планеты (одной из наименее изученных её сфер).

- Мониторинг (для чего необходим орбитальный аппарат) нижней, средней и верхней атмосферы, ионосферы, магнитосферы, изменения термических и динамических изменений движения атмосферных составляющих.

Аппарату необходим орбитальный спутник связи и ориентирования в пространстве, и связь с ним. На дирижабле должны быть установлены исследовательские аппараты для исследования: общее атмосферы, радиометрии, спектрографии, радиолокации, магнито- и ионосфер. Для выше представленных компонентов необходим соответствующий стабильный источник электричества, обеспечение достаточной подъёмной силы и пространство в гондоле.

Таким образом, исследовательская информация, получаемая с КА, послужит базисом как для дальнейших исследований планеты (путём обнаружения новых сфер изучения), так и для создания уникальных атмосферных аппаратов в принципе.

Список используемых источников:

1. НАСА: атмосферные полёты на Венеру — URL: <https://web.archive.org/web/20111016143148/http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2002/TM-2002-211467.pdf> (дата обращения 18.02.2025 г.).
2. Автоматические межпланетные станции «Вега-1» и «Вега-2». — URL: https://www.laspace.ru/ru/activities/projects/vega_1_2/ (дата обращения 18.02.2025 г.).
3. В.А.Воронцов, В.В.Малышев, К.М.Пичахдзе. Системное проектирование космических десантных аппаратов. — Москва: Издательство МАИ, 2021. — 255 с.
4. 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.

Разработка подхода к оценке параметров функционирования многоцветных космических аппаратов при изменении программы полёта

Прытков Р.В., Туряк В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Буторин В.В.
МАИ, Москва

Одним из приоритетных направлений развития ракетно-космической отрасли является создание высоконадёжных космических аппаратов (КА) [1, 2]. Однако лётные испытания Boeing Crew Flight Test и Artemis-I показали, что изменения в программе полёта могут оказать серьёзное влияние на работоспособность КА. Следовательно, должно учитываться каждое изменение режима и условий функционирования КА для обеспечения требуемой надёжности и безопасности.

Для оценки влияния изменений программы полёта КА на его эксплуатационные характеристики предлагается подход, основанный на выведении аппарата на испытательную орбиту в процессе лётно-конструкторских испытаний (ЛКИ) для отработки этапов полёта в условиях, схожих с полётами к Луне, Марсу и иным планетам, а также расширении информативности результатов испытаний.

На основе полученных результатов ЛКИ [3] и современного опыта проектирования и экспериментальной отработки [1, 2] возможно провести количественную и качественную оценку влияния изменения программы полёта КА на его надёжность, а также оценить способность КА выполнить целевую задачу.

Данный подход позволяет оптимизировать программы испытаний для выявления возможных отказов и дефектов в процессе функционирования КА на испытательной орбите, что обеспечит повышение надёжности многоцветного КА во время его эксплуатации на целевой орбите.

Результаты работы имеют практическое применение в ракетно-космической отрасли для разработки и производства многоцветных КА. Формирование программ ЛКИ с помощью предлагаемого подхода позволит повысить надёжность, безопасность, технические и эксплуатационные характеристики многоцветных КА.

Список используемых источников:

1. Failure-Tolerant Avionics for Crewed Space Systems Recommended Best Practices / Hodson, F. Robert, Trres-Pomales // NASA STI Program. 2024. 20240009366. 43.
2. Dependability Technology System for Autonomous Operation of Deep Space Exploration / Dang Wei, Luo Junwei, Zheng Zuohuan // Space Sci. 2024. 44(2). 13.
3. NASA's Readiness for the Artemis II Crewed Mission to Lunar Orbit // NASA Office of Inspector General. 2024. IG-24-011. 43. — URL: <https://oig.nasa.gov/> (дата обращения: 26.02.2025).

Оценка проектных параметров КА малой размерности для отработки задачи поиска ледниковых (водных) ресурсов на поверхности Луны

Рыбалов И.С.

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

МАИ, Москва

Успех МКС и автоматических лунных миссий привели к переосмыслению задач лунной программы. Вместо разовых высадок, приоритетом стало устойчивое присутствие человека на Луне и создание лунной орбитальной и поверхностной инфраструктуры. Современные лунные программы фокусируются на долгосрочном освоении, в отличие от прежних одноразовых миссий.

Основные задачи:

- Определение необходимой орбиты: выбор орбиты КА (полярная, лунная орбита с низким наклонением и т.д.) с учетом требований к покрытию поверхности Луны и разрешению наблюдений. Учёт ресурсных ограничений КА малой размерности.
- Выбор и оптимизация полезной нагрузки: выбор подходящих инструментов дистанционного зондирования (спектрографы, радары и т.д.) с учетом массы, энергопотребления и возможности обнаружения льда под поверхностью и на поверхности. Оптимизация параметров инструментов для достижения максимальной эффективности при ограниченных ресурсах.
- Оценка ресурсных ограничений: анализ ограничений по массе, энергопотреблению, объему памяти и др. для КА малой размерности. Выбор компонентов с оптимальным соотношением «цена/эффективность».
- Разработка стратегии поиска: разработка эффективной стратегии поиска ледников с учетом особенностей лунной поверхности и распределения предполагаемых залежей льда. Оптимизация траектории полёта и режимов работы полезной нагрузки.
- Анализ точности и достоверности результатов: оценка точности и достоверности результатов поиска, учитывая погрешности измерений и неопределенности в данных о лунной поверхности.
- Учёт радиационной обстановки: выбор радиационно-стойких материалов и компонентов, защита полезной нагрузки от воздействия лунной радиации.

Ключевые параметры КА:

- Масса: минимизация массы для снижения стоимости запуска и обеспечения возможности использования малых ракет-носителей.
- Энергопотребление: оптимизация энергопотребления для обеспечения длительной работы КА на орбите. Использование солнечных батарей или радиоизотопных источников энергии (РИТЭГ).
- Объем памяти: достаточный объем памяти для хранения данных наблюдений.
- Связь: обеспечение надёжной связи с Землей для передачи данных.

Методы исследования:

- Моделирование орбитального движения.
- Моделирование работы полезной нагрузки.
- Анализ данных дистанционного зондирования.
- Статистический анализ результатов.

Ожидаемые результаты: определение оптимальных проектных параметров КА малой размерности для поиска ледников на Луне. Разработка эффективной стратегии поиска. Оценка точности и достоверности результатов.

Список используемых источников:

1. Михайлов М.В., Зарубин Д.С., Заговорчев В.А. Перспективы применения околоземной ГНСС в качестве инфраструктуры для навигационного обеспечения лунных миссий. Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, вып.10.
2. Ивашкин В. В., Об оптимальных траекториях полёта КА к Луне в системе Земля-Луна-Солнце, ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЯХ ПОЛЁТА КА К ЛУНЕ В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЯ-ЛУНА-СОЛНЦЕ (keldysh.ru).

3. Зарубин Д.С., Севастьянов Н.Н., Микрин Е.А., Беглов Р.И., Макушенко Ю.Н., облик сегмента окололунной платформы для поддержки обеспечения экспедиций на поверхность луны, (PDF) Prospects for using near-Earth GNSS as an infrastructure for navigation support of Lunar missions (researchgate.net).

4. R. Whitley, R. Martinez Options for Staging Orbits in Cislunar Space, <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20150019648/downloads/20150019648.pdf>.

К вопросу применения полимерных материалов при производстве малых космических аппаратов

Рычкова А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Буторин В.В.

МАИ, Москва

В связи с возможностью широкого применения и достаточно высокой экономической эффективностью, за последние годы произошла интенсификация использования малых космических аппаратов (МКА) в различных сферах жизни человека. Однако, рост популярности эксплуатации МКА в космической деятельности усиливает проблему возникновения космического мусора. Большая часть мусора состоит из отработавших аппаратов и их обломков, что создает угрозу безопасному освоению и использованию космического пространства в целом.

Важным аспектом при разработке и производстве МКА является использование в их конструкции легких и прочных материалов. Благодаря высоким показателям прочности, температурной и коррозионной устойчивости и другим физико-химическим и механическим свойствам, металлы на основе алюминия зарекомендовали себя в ракетно-космической промышленности с положительной стороны. При этом использование указанных материалов в производстве МКА влияет на массу и сроки активного существования аппаратов, расширяет количество космического мусора на орбите после прекращения их использования по целевому предназначению.

Современные требования к интенсивности количества запускаемых МКА, и расширению спектра космических миссий, задач, подталкивают к поиску новых решений.

Согласно исследованию Дж. Викакса и соавторов [1], применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) предполагает более значительные преимущества, которые заключаются в снижении веса аппаратов на 25-35% и экономии затрат на производство до 50%. Исследования ряда отечественных ученых подтверждают, что использование ПКМ в конструкции МКА позволяет им обеспечивать свои механические свойства при работе в космосе, но вместе с тем распадаться при воздействии высоких температур во время входа в атмосферу Земли, обладая способностью воспламеняться в верхних слоях атмосферы. В работе [2] подчеркивается, что ПКМ способны к адаптации свойств в зависимости от направленных нагрузок, что позволяет разрабатывать легкие и в то же время прочные конструкции.

Полимерные композитные материалы объединяют характеристики «классических» материалов и инновационных с обеспечением маленькой массы МКА, целостности конструкции, высокой степенью защиты от внешних воздействий в условиях длительных нагрузок, радиационного и температурного влияния.

Арамидно-эпоксидные композиты выделяются среди перспективных решений благодаря сочетанию высокой прочности и термической стабильности. Они демонстрируют прочность на растяжение до 2-3 ГПа и на сжатие до 1,5 ГПа, что сопоставимо с алюминиевыми сплавами, но при значительно меньшей массе. Устойчивость к температурным перепадам от -70°C до +200°C с продолжительным сохранением механических свойств при 150-200°C позволяет обеспечить надежную термозащиту бортовой аппаратуры МКА [3]. Низкая воспламеняемость (кислородный индекс 30-32%) снижает риск самовозгорания в космосе, но обеспечивает контролируемую термодеструкцию [4] при температурах выше 350°C с последующей карбонизацией.

Для подтверждения характеристик применяемых полимерных композитов были проведены испытания на прочность, включающие в себя растяжение и сжатие, а также термогравиметрический анализ с размещением электронных компонентов (микросхемы) под композитным слоем.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности применения ПКМ при разработке, производстве и изготовлении МКА для обеспечения выполнения их целевых задач в сложных условиях эксплуатации, а после завершения применения МКА – осуществить их разрушение в атмосфере до момента попадания на поверхность Земли путем сжигания.

Список используемых источников:

1. Vickers J.H., Tate L.C., Gaddis S.W., R.E. Neal Composites Materials and Manufacturing Technologies for Space Applications / Vickers J.H., Tate L.C., Gaddis S.W., R.E. Neal [Электронный ресурс] // NASA: [официальный сайт] (дата обращения: 22.02.2025).
2. Zaigham Saeed Toor Space Applications of Composite Materials [Текст] / Zaigham Saeed Toor // Journal of Space Technology. – 2018. – том 8 № 1. – С. 65-70.
3. Bennett S. C., and Johnson D. J., “Strength-Structure Relationships in Pall-Based Carbon Fibers,” Journal of Materials Science, Vol. 18.
4. Сурикова, Ю. В. Исследования процессов сжигания демонстрационных образцов из полимерных композиционных материалов / Ю. В. Сурикова, Д. Ю. Давыдович // Тезисы XVII Всероссийского симпозиума по горению и взрыву: Тезисы докладов, Суздаль, 16–20 сентября 2024 года. – Черногловка: Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, 2024. – С. 198. – EDN SQREVJ.

Разработка концепции спутника специального назначения, использующего QKD для передачи данных

Санталова Я.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сабо С.Е.
ФГБОУ ВО «Технологический университет», Королев

В современном мире, где глобальная безопасность и защита информации становятся все более актуальными, разработка новых технологий для обеспечения конфиденциальности и надежности передачи данных является приоритетной задачей. В связи с этим, данный проект приобретает особую значимость.

Для нашей страны актуальность данного проекта обусловлена необходимостью обеспечения безопасности и защиты критически важной информации, а также возможностью использования полученных данных в различных сферах, включая военное дело, разведку и гражданскую инфраструктуру. Разработка такого спутника станет важным шагом в направлении создания надежных и безопасных систем передачи данных, соответствующих современным вызовам и угрозам.

Данный проект предполагает разработку спутника (группировку спутников), оснащенного спектрометром, способным анализировать местоположение различных наземных объектов в определенном температурном диапазоне. Также, создание надежной и защищенной системы связи, способной передавать данные не только на землю, но и между спутниками группировки. В условиях текущей глобальной ситуации, для нашей страны становится особенно актуальным разработка КА, способного выполнять следующие функции:

1 Анализ местоположения наземных объектов: Спутник будет оснащен спектрометром, который позволит анализировать местоположение различных наземных объектов в определенном температурном диапазоне. Это обеспечит возможность получения точных и оперативных данных о наземной обстановке.

2 Обработка и анализ информации: Собранная информация будет обрабатываться непосредственно на борту спутника, что позволит оперативно выявлять потенциально важные или угрожающие объекты.

3 Квантовое распределение ключей (QKD): гарантирует, что передаваемые данные будут защищены от несанкционированного доступа, так как любая попытка перехвата будет обнаружена благодаря квантовым свойствам используемых систем.

Разработка такого космического аппарата и группировки позволит нашей стране эффективно защищать критически важную информацию и отвечать на современные вызовы в области глобальной безопасности и информационной защиты.

Quantum Key Distribution (QKD), или квантовое распределение ключей, представляет собой технологию, предназначенную для безопасной передачи секретных цифровых ключей, необходимых для защиты высокочувствительных данных. Эта технология нашла широкое применение в различных отраслях, где защита информации имеет критическое значение. [2] Параметры орбиты и передача данных. Спутники будут находиться на НОО, что обеспечит оптимальные условия для передачи данных. Параметры орбиты подобраны таким образом, чтобы каждый спутник мог не только принимать и передавать данные на землю, но и взаимодействовать с другими спутниками в группировке. Спутники, находящиеся в тени Земли, смогут принимать обратные сигналы от других спутников, находящихся вне тени, и передавать их дальше с использованием QKD. Это позволяет обеспечить непрерывную связь и минимизировать потери данных, даже когда отдельные спутники находятся вне зоны видимости земли.

Каждый спутник в группировке будет нести на борту ИК-спектрометр, который сможет сканировать объекты на Земле в инфракрасном диапазоне. Полученная информация обрабатывается на борту спутника и передается на землю с использованием квантового шифрования ключа.

Для обеспечения конфиденциальности передачи данных используется квантовый протокол BB84. Этот протокол основан на передаче информации с помощью квантовых состояний (запутанных фотонов). Траектория полета и сеансы связи. В ходе разработки была просчитана траектория полета спутников, а также сеансы связи и нахождение спутников в зонах тени, полутени и видимости. Это позволило оптимизировать параметры орбиты и минимизировать потери данных.

Создан наглядный эскиз, демонстрирующий строение ИК-спектрометра [4]. Спектрометр находится в специальном контейнере, который имеет крепление для дополнительного контейнера с аккумуляторами. Это обеспечивает надежную работу прибора и его защиту во время полета.

Составлена схема строения бортовой цифровой вычислительной системы и блока космических интерфейсов. В схему внедрены все необходимые элементы для работы спектрометра, такие как интерфейсы передачи данных, системы управления и питания. Это позволило грамотно расположить все компоненты и обеспечить их эффективное взаимодействие.

Проект представляет собой инновационную концепцию спутников, в дальнейшем группировки спутников специального назначения, использующих QKD для передачи данных. Внедрение данной технологии позволит создать надежную и защищенную систему связи и мониторинга.

Список используемых источников:

1. A comprehensive design and performance analysis of LEO satellite quantum communication J-P Bourgoin¹, E Meyer-Scott¹, B L Higgins¹, B Heloul¹, C Erven¹, H Hubell¹, B Kumar², D Hudson², I DSouza², R Girard³, R La amme¹ and T Jennewein, 2022.

2. <https://proquant.ru/quant/whatisit/keys/kvantovoe-raspredelenie-klyuchey>.

3. Barucci et al. Earth, Planets and Space, MIRS: an imaging spectrometer for the MMX mission, 2021.

4. QEYSSAT: a mission proposal for a quantum receiver in space T. Jennewein ^{*a}, J. P. Bourgoin^b, B. Higgins^a, C. Holloway^a, E. Meyer-Scott^a, C. Ervena^{a,c}, B. Heima^d, Z. Yana^e, H. Hübel^{a,f}, G. Weihs^{a,g}, E. Choia¹, I. d'Souza^b, D. Hudson^b, R. Laflamme^a.

5. «Бортовые системы управления космическими аппаратами» под редакцией д.т.н, профессора А.С Сыроева; Москва, 2010 г.

Влияние краевого эффекта в металлических и композитных баках

Семёнов А.А.

Научный руководитель — д.т.н. Волков А.Н.

МАИ, Москва

В связи с необходимостью в оптимизации прочностных и весовых параметров конструкции и возрастанием требований к летательным аппаратам, использование композитных материалов при изготовлении оболочечных конструкций является перспективным направлением при создании авиационной и ракетно-космической техники. Однако проблема влияния краевого эффекта на моментное состояние ортотропной оболочки является достаточно актуальной.

Исследование направлено на изучение краевого эффекта в цилиндрических конструкциях при условии их изготовления, как из изотропных, так и ортотропных слоистых материалов. На первом этапе работы проведен анализ НДС в зоне краевого эффекта для конструкции из изотропного материала с использованием аналитического решения и конечно-элементной модели. Дополнительно стоит отметить, что численное решение задачи произведено в линейной постановке и с учетом геометрической и физической нелинейности. Такой подход позволяет учесть влияние пластических деформаций в зоне краевого эффекта, которое может приводить к необратимым деформациям. По результатам проведено сравнение получаемых данных.

Второй этап включает изучение влияния слоистого материала на длину краевого эффекта. В фундаментальных работах, посвященных моментному состоянию оболочки на границах с резким изменением жесткостных характеристик, отмечено, что формула краевого эффекта в случае ортотропного слоистого материала дает приближенные значения. С целью верификации представленного метода расчета выполнен конечно-элементный анализ в линейной постановке. В процессе анализа результатов установлено, что погрешность аналитического подхода составляет $\approx 7\%$ в зависимости от ориентации монослоя.

С целью автоматизации процесса проектирования композитных слоистых оболочек была разработана программный алгоритм оптимизации длины краевого эффекта в случае ортотропного материала. Как целевая функция была выбрана минимизация длины зоны краевого эффекта. А в качестве варьируемых параметров оптимизации приняты углы укладки слоев в диапазоне от -90 до $+90$ градусов с постоянной толщиной слоев при их фиксированном количестве.

Полученные параметры ориентации слоев верифицированы также, как и ранее с применением конечно-элементного анализа.

Полученный разброс длины краевого эффекта не выходит за рамки допустимой погрешности. Полученные результаты свидетельствуют об адекватности разработанной КЭМ и выбранного алгоритма оптимизации.

Список используемых источников:

1. Амбарцумян С. А. Общая теория анизотропных оболочек. – 1974.
2. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. – 1977.
3. Великанов П. Г., Артюхин Ю. П. Общая теория ортотропных оболочек. Часть I // Вестник Самарского университета. Естественная серия. – 2022. – Т. 28. – №. 1-2. – С. 46-54.
4. Бакулин В. Н., Ревенко В. П. Аналитико-численный метод конечных тел для расчета цилиндрической ортотропной оболочки с прямоугольным отверстием // Известия высших учебных заведений. Математика. – 2016. – №. 6. – С. 3-14.
5. Нерубайло Б. В., Ву Б. З. Дифференциальные уравнения физически ортотропных и изотропных цилиндрических оболочек при действии продольных нагрузок // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20. – №. 3. – С. 173-185.

Способ компоновки пилотируемых космических аппаратов

Симонов К.И.

Научный руководитель — к.т.н. Решетников М.Н.

РКК «Энергия», Королев

Одной из актуальных проблем проектирования пилотируемых космических аппаратов (ПКА) является определение оптимальной компоновки аппарата – т.е. наиболее эффективного с точки зрения функционирования аппарата и экипажа размещения составных частей бортовых систем (узлов, агрегатов, приборов) в заданном ограниченном объеме ПКА или его отсека.

Основные задачи компоновки ПКА различают в зависимости от их функционального назначения (компоновка внутреннего пространства, компоновка бортовой аппаратуры с учетом возможности обслуживания экипажем, минимизации длины и массы бортовой кабельной сети, внешняя компоновка оборудования и т.д.).

Целью работы является разработка способа автоматизированной компоновки ПКА, представляющего собой программу, состоящую из нейросетевого модуля-компоновщика и модулей-ограничений.

В докладе рассматриваются особенности компоновки ПКА, а также предлагается метод компоновки ПКА, основанный на сведении задачи о компоновке к задаче комбинаторной оптимизации – к классической задаче динамического программирования, задаче «о рюкзаке».

Классическая постановка задачи выглядит следующим образом: пусть имеется набор предметов, каждый из которых имеет два параметра – масса и ценность. Также имеется рюкзак определённой грузоподъемности. Задача заключается в том, чтобы собрать рюкзак с максимальной ценностью предметов внутри, соблюдая при этом ограничение рюкзака на суммарную массу.

Задача о рюкзаке может быть модифицирована применительно к задаче об оптимальной компоновке ПКА.

Пусть имеется набор n составных частей, каждый из которых обладает габаритами, причем соблюдается набор ограничений. В качестве допущения принимается, что суммарная масса всех составных частей не превысит ограничения на максимальную массу приборов в отсеке. Каждая составная часть обладает критерием эффективности функционирования и размещения, зависящей от расположения и взаимных связей с другими составными частями. Имеется ограниченное пространство, а также набор влияющих ограничений на центровочные характеристики аппарата и вектор критериев эффективности. Тогда, целью задачи компоновки ПКА является максимизация функции с учетом ограничений по координате суммарного центра масс изделия, а также недопустимости пересечений объектов с границами компоновочной области или запретными зонами.

Таким образом, задачу о компоновке возможно формализовать и свести к NP-полной комбинаторной задаче. В качестве метода решения вышеизложенной задачи предлагается способ решения NP-полной задачи с помощью нейросетевого алгоритма, адаптированного под задачу компоновки ПКА.

На данном этапе в среде Matlab реализован программный комплекс, включающий в себя нейросетевой модуль-компоновщик, а также модули-ограничители: проверки и коррекции центра масс, размещения в заданном пространстве и учета центральной запретной зоны.

Особенностью предложенного метода является наличие в его составе как алгоритмических математических функций, так и нейросетевых модулей. Такой подход позволяет решать задачу быстрее чем т.н. «точные» методы, но при этом сохранять высокую точность чем у «быстрых» эвристических методов. Особенностью данного способа компоновки является программный комплекс, позволяющий автоматизировать часть процессов компоновки ПКА и облегчить процесс предварительного проектирования изделия.

Список используемых источников:

1. Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов: учебное пособие / [А. В. Туманов и др.]; под ред. Г.А. Щеглова. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. – 755, [5] с. : ил. – (Серия «Вооружение и военная техника»).
2. Беляков А.А., Шулепов А.И. Базовые аспекты топологической технологии автоматизированной компоновки бортовой аппаратуры в отсеках космических аппаратов на примере КА ДЗЗ «Янтарь-2к» // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2022. Т. 21, №4. С.7-24.
3. Бодрышев С.В. Методы пространственной компоновки на основе функциональных зависимостей эксплуатационных параметров. М.: МАИ, 2006. 167 с.
4. Hazem A.A. Nomer, Khalid Abdulaziz Alnowibet, Ashraf Elsayed, and Ali Wagdy Mohamed «Neural Knapsack: A Neural Network Based Solver for the Knapsack Problem» // IEEE access, vol.8, pp.224200-224210, 2020.

Космический аппарат для исследования солнечных вспышек высокой интенсивности

Сычев Д.В.

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

МАИ, Москва

В последнее время наблюдается значительное увеличение активности Солнца. Этот феномен влияет на магнитное поле нашей планеты и радиационный фон, вызывая возникновение магнитных бурь. Воздействие солнечной активности затрагивает не только здоровье человека, вызывая стресс и изменяя функцию сердечно-сосудистой системы, но и сказывается на работоспособности электронных устройств, спутников и трансформаторов. В связи с этим, разработка космического аппарата (КА) для мониторинга солнечной активности и прогноза ее воздействий на магнитное поле Земли становится особенно актуальной.

Основная цель данной работы заключается в анализе конструктивных особенностей и состава измерительного оборудования для космических аппаратов, предназначенных для оценки параметров солнечных вспышек. В ходе исследования также будет выполнен обзор компоновочных схем уже существующих космических аппаратов, решающих аналогичные задачи, а также проектирование камеры Вильсона для аппарата формата 1U (размер 10x10x10 см).

Солнечная вспышка представляет собой внезапное выделение кинетической, тепловой и световой энергии в атмосфере Солнца, которое проходит через все её слои — фотосферу, хромосферу и солнечную корону. Под воздействием магнитного поля происходит anomalous сжатие плазмы, приводящее к резкому высвобождению энергии и увеличению температуры плазмы до 10^7 К. Такие условия способствуют росту скорости распространения кинетической энергии в короне и межпланетном пространстве до 1000 км/с. Этот процесс сопровождается ускорением потоков заряженных частиц и усилением электромагнитного излучения в различных спектрах — оптическом, рентгеновском, гамма- и радиодиапазонах.

В ходе исследования было установлено, что для успешного решения поставленных задач космический аппарат должен быть оснащен множеством измерительных устройств и датчиков. Эти приборы будут фиксировать электромагнитное излучение и потоки заряженных частиц в видимом, рентгеновском, гамма- и радиоспектрах. В числе необходимых инструментов: массе-спектрометры для регистрации низкоэнергетического гамма- и жесткого рентгеновского излучения, ультрафиолетовый монитор, анализаторы заряженных частиц, солнечные и спутниковые телескопы. Также необходимы магнитометры, системы сбора научной информации, блоки управления и телеметрии, комплекты радиопередатчиков и антенных устройств. В рамках работы была разработана конструкция камеры Вильсона для регистрации треков заряженных частиц космических лучей, предназначенной для одноюнитового космического аппарата с возможностью оперативной передачи данных на наземный пункт управления.

Кроме того, было проведено исследование компоновки действующих космических аппаратов аналогичного назначения. Примером послужили аппараты типа «Коронас-Фотон», разработанный ОАО «Корпорация ВНИИЭМ», и «Коронас-Ф», который включал в себя многоканальный фотометр для наблюдения сейсмических явлений нашего светила, набор инструментов для рентгеновского изображений, а также оборудование для изучения электромагнитных излучений и наблюдения солнечных лучей. На основе полученных данных была разработана конструктивно-компоновочная схема перспективного космического аппарата формата 1U, который, на мой взгляд, сможет быть использован в ближайшем будущем для глубинного анализа параметров солнечных вспышек повышенной интенсивности.

Список используемых источников:

1. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суайнерда, Д. Старка; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 764 с.
2. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учебное пособие / А. В. Туманов, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. – 3-е изд., испр. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 572 с.: ил.
3. С. Н. Волков, А. В. Горбунов, Р. С. Салихов, В. П. Ходненко. Проект «КОРОНАС-ФОТОН» // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2019. №1. Т. 168. С. 44-56.
4. Труды семинара «Результаты космического эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН». Предложения по продолжению программы «КОРОНАС»: научные задачи и аппаратура». Россия. Таруса. 19-21 мая 2010 года / Под ред. Р. Р. Назирова, И. В. Чулкова, В. Н. Юрова [Электронный ресурс] // Институт космических исследований РАН. URL: <https://iki.cosmos.ru/sites/default/files/publications/2012koronas.pdf> (дата обращения: 19.02.2025).

Композитные панели CubeSat: энергия, защита и прочность в одной структуре

Феденев А.А., Фетисов Б.В., Шувалов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.воен.н. Костенко В.А.

МАИ, Москва

В данной работе были рассмотрены возможности создания многофункциональных композитных панелей для корпусов спутников типа CubeSat, которые могут одновременно выполнять несколько критически важных функций. Эти панели должны служить силовой обшивкой, воспринимающей механические нагрузки, генерировать электроэнергию за счет встроенных солнечных элементов и обеспечивать защиту от внешних угроз, таких как метеороиды и космическая радиация. Была придумана слоистая структура панели, состоящую из трех компонентов. Внешний слой представляет собой тонкую пластину из карбида кремния (SiC), которая обеспечивает защиту от ударов микрометеороидов. Средний слой выполнен из углеволоконного композита с интегрированными гибкими солнечными элементами на основе перовскита, которые встроены в структуру композита в виде «чешуи», что значительно повышает устойчивость панели к деформациям. Внутренний слой состоит из пенополиуретана с наночастицами бора для поглощения радиации и сетки из углеродных нанотрубок, обеспечивающей равномерное распределение тепла.

Отмечено, что такая структура позволяет значительно повысить эффективность и автономность малых спутников. Сочетание прочности, энергоэффективности и защиты от внешних факторов в одной панели открывает новые возможности для создания более надежных и долговечных спутников и орбитальных станций. Встроенные солнечные элементы обеспечат стабильный источник энергии для работы всех систем аппарата, а слоистая конструкция панели гарантирует защиту от микрометеороидов и радиации. В данной работе были предложены новые решения, которые могут стать основой для будущих космических миссий, требующих высокоэффективных и многофункциональных материалов, что соответствует актуальным требованиям современной космической отрасли.

Список используемых источников:

1. А. Дубов/ Перовскит увеличит эффективность кремниевых солнечных батарей без ущерба для производства/ // 2025 N + 1 Интернет-издание / Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-67614.

2. А.Афанасьев., В.А.Ильин, Лебедев А.О., Лучинин В.В., Таиров Ю.М./ Карбид кремния-наноразмерный алмазоподобный широкозонный полупроводниковый материал и приборы на его основе :// БИОТЕХНОСФЕРА № 1-2 (13-14). 2011 – С. 11-19.

3. Технологии изготовления композитов // Компания СКБ-077.

4. В.Ю.Прокопьев, О.Н. Кусь, А.В. Осовский/ Малые космические аппараты стандарта CUBESAT. Современные средства выведения://Вестник науки Сибири № 2(12). 2014 – С.71-72.

Предложение по созданию алгоритма определения расположения приборов с учётом требований ограничения длин связей

Шаринский Д.С.

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

РКК «Энергия», Королев

Орбитальные станции предоставляют средства развития науки и исследований космического пространства. Они являются космическими аппаратами высокой сложности, что обусловлено уникальностью целевых работ, проводимых на станции, большой продолжительностью срока их эксплуатации, пребыванием экипажа на борту, повышенными требованиями к безопасности экипажа, надежности элементов конструкции и бортовой аппаратуры. Создание аппаратов такого типа требует проведения больших объемов работ и испытаний [1].

В рамках данной работы проведено исследование методики по определению длин кабелей между приборами исходя из ограничений на максимально допустимые для обеспечения работоспособности бортовой аппаратуры длины межблочных связей. Анализ показал, что существующие методики не учитывают возможность перестановки блоков аппаратуры и соединяющих их кабелей. Данный фактор ограничивает выбор вариантов прокладки кабелей.

Предлагаемый алгоритм учитывает ограничения, связанные с последовательностью разработки изделия. Процесс определения длин кабелей проводится на этапе, когда уже определены траектории прокладки кабельных трасс и разработаны элементы конструкции крепления приборов [2].

Основой предлагаемого способа решения является разделение приборов по типоразмерам корпусов [3]. Последовательно для каждого множества соответствующего типоразмера формируются входные матрицы ограничений и расстояний. После их преобразования составляется матрица позиций, элементы которой равны суммарной длине всех связей между соответствующими блоками. Применяя оптимизационный алгоритм для задачи линейного назначения, получаем распределение приборов по позициям, обеспечивающее минимальную суммарную длину кабелей без изменения ранее разработанной конструкции установки блоков.

Апробацию предложенного решения планируется провести в составе методики по снижению массы кабельной сети для вновь проектируемых модулей орбитальных станций.

Разработанный алгоритм позволит достичь наименьшей суммарной длины связей между приборами с учётом ограничения длин связей между ними, как следствие уменьшить массу бортовой кабельной сети и стартовую массу изделий.

Список используемых источников:

1. Пугаченко С.Е. Проектирование орбитальных станций: в 3 ч. – Ч 1: Общие вопросы проектирования орбитальных станций М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 92 с.

2. Туманов А.В. Зеленцов В.В. Щеглов Г.А. Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов: – Москва: издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 755 с.

3. Шаринский Д.С. Предложение по классификации бортовой аппаратуры модулей орбитальных станций на основе типоразмера корпусов // Тезисы докладов XXIII Научно-технической конференции молодых учёных и специалистов, 2024, с. 14.

Исследование проблемы разработки документации по обеспечению безопасной эксплуатации испытательного оборудования космических средств

Шевченко Е.Р.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

С учётом стремительного прогресса в области космических технологий и увеличения частоты запусков обеспечение безопасности эксплуатации испытательного оборудования становится первостепенной задачей.

Проведённый анализ международных и национальных стандартов, таких как ISO 9001 «Системы менеджмента качества — Требования» и ГОСТ Р 8.568-2017 «Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения», выявил необходимость в более детализированных рекомендациях для эффективного управления безопасностью при эксплуатации испытательного оборудования.

В рамках исследования был проведён анализ рисков, связанных с безопасностью персонала, целостностью оборудования и экологическим состоянием при эксплуатации испытательного оборудования в космической отрасли. Изучены различные типы испытаний на влияние внешних факторов, включая механические, климатические, радиационные и термические воздействия.

На основе проведённых исследований даны рекомендации по обеспечению безопасности эксплуатации испытательного оборудования космических средств. Они включают подготовку и обучение персонала, выбор и проверку оборудования, оценку эргономических характеристик стендов, разработку планов действий в экстренных ситуациях и создание документации для контроля безопасной эксплуатации. Также важно соблюдать стандарты безопасности труда, такие как санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, электробезопасность и пожарная безопасность.

Рассмотрено обеспечение безопасной эксплуатации оборудования для испытания космических средств на устойчивость к механическим воздействиям на примере вибрационных испытаний. В этих испытаниях необходим постоянный контроль параметров вибрации, шума и температуры в помещении. Рекомендуется использование средств защиты от вибрации и шума, а также расчёт рабочего времени.

Для обеспечения безопасной эксплуатации испытательного оборудования на устойчивость к термическим воздействиям на примере термовакуумных испытаний требуется постоянный контроль температурных и вакуумных показателей, регулярные проверки на наличие утечек и обеспечение сотрудников средствами индивидуальной защиты.

При работе с оборудованием для испытания конструкции на радиационные факторы и магнитные поля ключевым является правильное проектирование стенда, контроль уровня радиации и температуры в помещении, а также обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты и регулярные проверки с последующим техническим обслуживанием и ремонтом при необходимости.

Таким образом, данное исследование направлено на разработку рекомендаций для повышения уровня безопасности эксплуатации испытательного оборудования космических средств.

Список используемых источников:

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем / Л.Н. Александровская и др.: Учебное пособие. – М.: Логос, 2003. – 736с.

2. Испытательная техника. Справочник в 2-х кн. /Под ред. Клюева В.В. – М.: Машиностроение, 1982. – 1118с.

3. Проектирование испытательных стендов для экспериментальной отработки объектов ракетно-космической техники / А.Г. Галеев, Ю.В. Захаров, В.П. Макаров, В.В. Родченко. – М.: Издательство МАИ, 2014. – 283 с.

Исследование процесса раскрытия рулонной солнечной батареи на пневматических телескопических штангах, применяемой в составе системы электроснабжения космического аппарата

Шинкарьюк Н.С., Матвеев А.С., Комаров М.В.

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

В рамках исследования процесса раскрытия рулонной солнечной батареи (СБ) были проведены: анализ работоспособности конструкции, оценка влияния скорости раскрытия на напряжённое состояние элементов системы, расчёт прочности телескопических штанг. Основной целью работы стала оценка работоспособности конструкции разработанной модели раскрытия СБ, основанной на пневматической телескопической штанге с центральным крылом, выполненным из сетчатого материала, содержащим фотогальванические элементы для преобразования света в электричество.

При проектировании СБ вместе с задачей общей оптимизации были учтены следующие основные геометрические ограничения:

1) Ограничение на ширину СБ – ширина панели солнечной батареи должна быть меньше либо равна максимальному значению располагаемой стороны КА.

2) Ограничение на длину крепления СБ - расстояние от центрального модуля до панели должно равняться половине максимального значения стороны КА, это реализуется для того, чтобы избежать попадание тени от центрального модуля на поверхность панелей СБ.

Для рассмотрения функционирования рулонной СБ был выбран геостационарный космический аппарат связи «KazSat-3».

Для оценки прочности рулонной солнечной батареи в процессе раскрытия использованы две конечно-элементные модели в Ansys Mechanical. Первая — модель фторопластовых прокладок с клиновой стыковкой краёв. Вторая — модель пневматических телескопических штанг.

Модель фторопластовых прокладок была создана для определения жесткостей и расчета прочности фторопластовых вкладышей. Встречные края вкладышей выполняются под углом для создания клиновой стыковки с целью повышения герметичности телескопических штанг.

Для оценки отклика конструкции при работе пневматических телескопических штанг в процессе раскрытия, в частности определения нагрузок на штанги и другие составные элементы, была создана модель пневматических телескопических штанг рулонной солнечной батареи.

Граничные условия включали фиксацию фланца поворотной балки через Fixed Support (имитация стыковки с УПБС) и приложение силы $F = 0,45 \text{ Н}$, создаваемой давлением газов вдоль оси первой штанги.

При решении принимается ряд допущений:

- сила тяжести пренебрежимо мала;
- инерционные силы, вызванные колебаниями КА, малы;
- трение между фторопластовыми прокладками и телескопическими штангами СБ пренебрежимо мало.

В результате расчета напряженно-деформированного состояния фторопластовых прокладок и пневматических телескопических штанг СБ было определено деформированное состояние системы в каждом моменте времени и нагрузки, действующие на фторопластовые прокладки и крепления.

Результаты моделирования показали, что полное раскрытие системы происходит за 75 секунд. Максимальная нагрузка на фланец, возникающая при соударении элементов после завершения раскрытия, составила 3196,2 Н.

Предварительным расчетом было выяснено, что наиболее нагруженным элементом является вторая ступень телескопической штанги в месте стыка с первой ступенью, на которую воздействовала сила 0,45 Н для выдвижения всей системы телескопических штанг.

Также исходя из результатов значений расчетного напряжения в штангах можно сделать вывод, что в дальнейшем конструкция телескопических штанг может быть оптимизирована по параметру поперечного сечения.

На основании проведенных расчетов и анализа напряженно-деформированного состояния можно сделать вывод, что конструкция рулонной солнечной батареи с телескопическими штангами соответствует необходимым прочностным характеристикам, выдерживает действующие нагрузки с заданным коэффициентом безопасности и демонстрирует высокий потенциал для использования в космической технике.

Список используемых источников:

1. Гущин В.Н. Основы устройства космических аппаратов –М.: Машиностроение, 2003.
2. Козлов А.Г. Системы электропитания космических аппаратов. / А.Г.Козлов , В.В. Ходосов; Балт.гос.техн. ун-т – СПб., 2011.
3. Никольский В.В. Основы проектирования автоматических космических аппаратов / В.В. Никольский; Балт.гос.техн. ун-т – СПб., 2007.
4. Борщев В.Н., Антонова В.А., Листаренко А.М., Школьный С.М. Расчетные исследования каркасов каркасов солнечных батарей космического аппарата, УДК 658.012.

Выбор конструктивно-компоновочной схемы снарядов-пробойников активно-реактивного типа

Шипневская Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гусев Е.В.
МАИ, Москва

Для решения целого ряда задач по образованию скважин и доставке полезных грузов в грунтовые массивы высокой прочности (как на Земле, так и на других планетах солнечной системы) могут быть использованы снаряды-пробойники активно-реактивного типа (СПАРТ). При этом СПАРТ устанавливается в пусковой трубе баллистической установки, и с помощью метательного устройства выбрасывается из нее в нужном направлении.

Проведенные нами в работе [1-2] исследования показали, что на глубину проникания СПАРТ влияют: схема их запуска в грунт; массово-габаритные параметры и характеристики; величина тяги в каждый момент времени функционирования двигателя. При этом расчетно-экспериментальным путем был установлен оптимальный уровень тяги РДТТ, обеспечивающий максимальную глубину проникания снаряда-пробойника активно-реактивного типа на участке движения его с включенной двигательной установкой.

Целью настоящей работы является обоснование конструктивно-компоновочной схемы снаряда-пробойника активно-реактивного типа, реализация которой позволяет ракетному двигателю твердого топлива обеспечить его работу в режиме, позволяющим проникать в грунт на максимальную глубину [3-4].

В результате проведенных расчетно-теоретических исследований установлено, что:

1. Установка на выстреливаемый в грунт из артиллерийского орудия снаряд-пробойник ракетного двигателя твердого топлива, работающего в оптимальном режиме, позволяет существенно увеличить глубину проникания СПАРТ в грунт. 2. Для обеспечения функционирования ракетного двигателя твердого топлива в оптимальном режиме при проникании СПАРТ в прочные грунты значение удельной лобовой тяги Руд должно быть 30,186 Мпа и более.

3. Наиболее простой и надежной конструктивной схемой снаряда-пробойника активно-реактивного типа, обеспечивающего процесс движения СПАРТ в грунте с оптимальной скоростью, является двигатель с залитым твердотопливным зарядом торцевого горения, в

котором необходимо использовать дорогостоящие заряды твердого топлива со скоростями горения не менее 744 мм.

4. Для обеспечения процесса движения снаряда-пробойника активно-реактивного типа в грунте за счет работающего двигателя с оптимальной скоростью, в варианте применения медленно горящих порохов можно использовать многомодульные РДТТ, что позволяет существенно улучшить его проникающую способность.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр FSFF-2025-0001).

Список используемых источников:

1. Гусев Е.В., Заговорчев В.А., Садретдинова Э.Р., Шипневская Е.А Расчет параметров и характеристик вращающегося лунного реактивного пенетратора Сибирский аэрокосмический журнал. Том 24. №4, с. 706-716. 2023 г.

2. Федорова Н.А., Велданов В.А., Даурских А.Ю., Федоров С.В. Влияние реактивной тяги на проникание пенетраторов при изучении строения поверхностного слоя космических объектов. Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №02, февраль 2014.

3. Аптуков В.Н., Девяткин В.А. и др. Численное и экспериментальное исследование проникания снаряда-пробойника в грунтовый массив. Вестник Пермского университета. Вып.4 (12). 2012 г.

4. Родченко В.В. Основы проектирования реактивных аппаратов для движения в грунте. М. Издательство МАИ-ПРИНТ. 2009.

Секция №5.2 Проектно-баллистический анализ и тепловые процессы в ракетно-космической технике

Экспериментальная станция искусственной гравитации изменяемого радиуса

Барон Е.А.

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

МАИ, Москва

Длительное пребывание в условиях микрогравитации оказывает негативное воздействие на здоровье космонавтов. Создание искусственной гравитации является ключевым фактором для обеспечения безопасности и комфорта человека за пределами родной планеты.

Инженерные задачи:

1. Разработка станции: проектирование вращающейся тросовой конструкции большого диаметра с возможностью увеличения и уменьшения её радиуса, а также возможностью изменения угловой скорости и поддержанию данных параметров в допустимых пределах необходимое количество времени. Поиск основных систем обеспечения компенсации возникновений колебаний в процессе эксплуатации, подбор подходящей энергосистемы, созданию силовых установок для движения тросов и по формирования вращающего момента.

2. Интеграция систем контроля, управления, жизнеобеспечения для возможной автономности: Обеспечение надежной работы систем жизнеобеспечения (подачи кислорода, воды, создание подходящих систем терморегуляция, хранения питательных веществ и утилизация отходов) в условиях вращения и различных уровнях искусственной гравитации. А также внедрение систем полной аварийной автономности в случае чрезвычайных ситуаций.

Исследовательские задачи:

1. Проведение медицинских и биологических исследований: Оценка влияния искусственной гравитации на физиологические параметры космонавтов (сердечно-сосудистая система, костная ткань, мышцы, вестибулярный аппарат) и биологические процессы в животных, растениях и микроорганизмах.

2. Изучение психологических аспектов: Оценка психологического комфорта космонавтов в условиях искусственной гравитации, разработка методик адаптации и поддержки психического здоровья.

3. Проведение инженерных экспериментов: Тестирование технологий по обеспечению безопасности, усилению и облегчению конструкции и испытанию оборудования, адаптированного под данную среду.

Ожидаемые результаты:

- Получение обширных данных о влиянии искусственной гравитации на здоровье человека и биологические системы.

- Определение допустимых диапазонов параметров для разработки эффективных и безопасных технологий создания искусственной гравитации для будущих космических миссий, при которых будет доступна долгосрочная активная жизнедеятельность человека с полным уходом от пагубного влияния невесомости на его физиологию.

- Перспективы будущей экспансии и нахождения человека в космос, а также будут получены первичные технические данные по дальнейшему созданию полноценных искусственных сред обитания за пределами родной планеты.

Список используемых источников:

1. А.Р. Котовская, А.А. Шипов, И.Ф. Виль-Вильямс «Медико-биологические аспекты проблемы создания искусственной силы тяжести». – Москва: Изд-во Фирма «Слово» – 1992. – 204 с.

2. В. М. Кульков, Ю. Г. Егоров, С. А. Тузиков «Исследование конфигурации и формирование проектного облика развёрнутой электродинамической тросовой системы в

Группировка космических аппаратов дистанционного зондирования Земли для анализа движения самолетов в агропромышленности

Бикеев В.В.

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

МАИ, Москва

Развитие космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является важным направлением для России, особенно в контексте современных задач в агропромышленном секторе. Одной из ключевых задач в этой области является мониторинг и анализ движения воздушных судов, используемых в сельском хозяйстве, таких как самолеты для аэроосева, опрыскивания и других агротехнических операций.

Традиционно для отслеживания воздушных судов используются наземные радары, которые, однако, имеют существенные ограничения. Радары подвержены влиянию помех, как искусственных, так и естественных (например, атмосферные явления, такие как гроза или сильный ветер). Эти помехи могут снизить точность и надежность данных, что делает радары менее эффективными для задач мониторинга в сельском хозяйстве.

В этом контексте группировка спутников ДЗЗ становится важным инструментом для обеспечения надежного мониторинга движения воздушных судов в агропромышленности. На борту таких спутников необходимо установить камеры видимого спектра, которые позволяют получать высококачественные изображения земной поверхности и воздушного пространства. Эти данные могут быть использованы для отслеживания и анализа движения сельскохозяйственных самолетов, а также для оценки их работы на полях.

Для эффективного использования данных, полученных с космических аппаратов ДЗЗ, будет разработано специализированное программное обеспечение. Это ПО должно включать алгоритмы, способные автоматически детектировать воздушные суда на изображениях, а также анализировать их движение. Например, алгоритмы могут классифицировать объекты, определять их скорость, направление движения и зоны выполнения агротехнических операций.

Кроме того, программное обеспечение может быть использовано для построения траекторий движения сельскохозяйственных самолетов. Это позволяет не только отслеживать их текущее положение, но и оптимизировать маршруты для повышения эффективности аграрных работ.

Для обеспечения эффективного покрытия территории и мониторинга воздушных судов необходимо рассчитать, какая площадь должна быть охвачена группировкой спутников. Это особенно важно для крупных сельскохозяйственных регионов, где требуется постоянное наблюдение за выполнением агротехнических операций.

Группировка таких космических аппаратов позволит повысить эффективность управления сельскохозяйственными процессами, а также может быть использована для решения других задач в агропромышленном секторе, таких как мониторинг состояния посевов, прогнозирование урожайности и контроль за использованием земельных ресурсов.

Список используемых источников:

1. Р. В. Белый, А. С. Мовляв. «Требования к построению орбитальной группировки при проектировании перспективных космических аппаратов дистанционного зондирования земли». Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ Т. 182 № 3 2021. – С. 32-38.

2. Детекция объектов – URL: <https://deepmachinelearning.ru/docs/Neural-networks/Object-detection/Object-detection-task> [Электронный ресурс] (Дата обращения 19.02.2025).

Расчёт температурных напряжений в трёхслойной панели с конусообразным дискретным наполнителем, применяемым в качестве активной теплозащиты

Богдановский А.А.

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

МАИ, г. Москва

Полет летательного аппарата (ЛА) – это высокоэнергетический процесс, при котором происходит перераспределение энергии, в частности, кинетическая энергия движущегося тела превращается в тепловую. Важность данной проблемы связана с постоянной тенденцией роста скоростей летательных аппаратов.

Данная работа посвящена исследованию напряжённо-деформированного состояния элемента активной тепловой защиты на основе трёхслойной панели с конусообразным дискретным наполнителем, возникающем вследствие аэродинамического нагрева. В качестве теплоносителя в активной теплозащите применяется топливо на основе керосина. Для решения задачи обтекания крыла ЛА высокоскоростным потоком применена математическая модель, основанная на использовании промышленного пакета NX Thermal/Flow.

На основе полученного температурного распределения и исходя из принципа выполнения расчётов в запас прочностных характеристик принято предположение о равномерном нагреве рассматриваемой конструкции, при условии осреднения действующих температур. Согласно начальным условиям и руководствуясь таблицами коэффициентов теплопередачи между твёрдым телом и жидкостью, численно решена стационарная задача, в которой между несущими слоями активной тепловой защиты осуществлялась циркуляция хладагента (топлива на основе керосина). Результатами анализа стали поля распределения температур по структуре трёхслойной конструкции и поле нормального давления.

Далее, температурные и силовые воздействия были приложены к конечно-элементной модели для выполнения статического анализа с учётом температурных напряжений. Благодаря полученным результатам удалось оценить несущую способность конструкции при указанных начальных условиях. Однако предполагается длительное тепловое воздействие, что требует дополнительного исследования ползучести в рассматриваемой конструкции.

Исходя из известных кривых ползучести для материала несущих слоёв и наполнителя, получены изохронные кривые, которые позволяют перейти от явления ползучести к эквивалентной нелинейной упругопластической задаче.

Изохронные кривые задавались в качестве нелинейных свойств материала (зависимость напряжений от деформаций), и далее задача решалась с учётом геометрической и физической нелинейности материала в программном комплексе Siemens NX с использованием решателя SOL401.

Список используемых источников:

1. Замула Г. Н., Кретов А. С. Прочность высокотемпературных конструкций летательных аппаратов. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. С. 468.

2. Зотов А. А., Пашков О. А., Волков А. Н. Концепция системы активной тепловой защиты трёхслойной конструктивно-силовой схемы гиперзвукового летательного аппарата с дискретным наполнителем // Московский авиац. институт МАИ (нац. исслед. ун-т). — Москва, 2022.

3. Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Изд-во «Наука», 1966. С. 752.

Анализ перспектив создания космического аппарата для исследования Ио

Владимиров М.Р., Семенков А.А.

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

МАИ, Москва

Ио, спутник Юпитера, представляет собой уникальный объект для изучения в Солнечной системе благодаря своей экстремальной геологической активности. Его вулканическая активность, взаимодействие с магнитосферой Юпитера и состав поверхности делают его важной целью для научных исследований. Изучение Ио может предоставить

данные о процессах, происходящих в недрах спутников газовых гигантов, а также о влиянии радиации и приливных сил на их эволюцию.

Основной целью миссии является создание космического аппарата (КА), способного провести детальное исследование поверхности, атмосферы и магнитосферного взаимодействия Ио. КА должен быть оснащен радиационно-защищенным корпусом, так как уровень радиации вблизи Юпитера крайне высок. Для выполнения научных задач на борту аппарата планируется установить камеры высокого разрешения для съемки поверхности, спектрометры для анализа состава атмосферы и вулканических выбросов, магнитометры для изучения взаимодействия с магнитосферой Юпитера и тепловые датчики для измерения температуры поверхности. Автономные системы навигации и управления необходимы для работы в условиях ограниченной связи с Землей.

Траектория полета к Ио предполагает использование гравитационных маневров вокруг Земли и Юпитера для экономии топлива. После выхода на орбиту вокруг Юпитера КА совершит сближение с Ио для детального изучения. Альтернативным вариантом является использование эллиптической орбиты вокруг Юпитера с периодическими пролетами вблизи Ио.

Одним из основных технических вызовов является защита электроники и оборудования от радиации. Для этого потребуется использование специальных материалов и систем охлаждения, особенно при сближении с Ио, где тепловое воздействие также значительно. Кроме того, большое расстояние до Юпитера требует разработки высокоэффективных антенн и систем сжатия данных для обеспечения устойчивой связи с Землей.

В данной работе будет проведен анализ перспектив создания космического аппарата для исследования Ио. Этот анализ будет включать оценку технической реализуемости проекта, включая разработку радиационно-стойких систем, выбор оптимальной траектории полета и проектирование научных инструментов. Отдельное внимание будет уделено научной ценности миссии, включая ожидаемые результаты и их влияние на дальнейшее изучение спутников газовых гигантов.

Научные ожидания от миссии включают получение данных о составе и структуре поверхности Ио, включая распределение силикатов и серы. Изучение динамики вулканической активности и её влияния на атмосферу спутника позволит лучше понять процессы, происходящие в его недрах. Также важным аспектом является анализ взаимодействия Ио с магнитосферой Юпитера, включая образование плазменного тора и его влияние на окружающую среду.

Экономические и технологические аспекты миссии требуют тщательной оценки. Разработка радиационно-стойкого оборудования и сложная траектория полета значительно увеличивают стоимость проекта. По этой причине будет проведён анализ технологий, разработанных для предыдущих миссий к Юпитеру (например, КА «Юнона»).

Список используемых источников:

1. Механика космического полёта: Учебник для вузов/М.С. Константинов, Е.Ф. Каменков, Б.П. Перельгин, В.К. Безвербовый; Под ред. В.П. Мишина — М.: Машиностроение, 1989. — 408 с.: ил
2. Гушин В.Н. Основы устройства космических аппаратов. М., Машиностроение, 2003. — 272 с.

Разработка концепции лунной инфраструктуры

Голубцов Р.М.

Научный руководитель — к.т.н. Спирыгин В.В.

МАИ, Москва

В последние десятилетия пилотируемая космонавтика достигла значительных успехов, однако с приближением завершения срока службы Международной космической станции (МКС) возникает необходимость в создании новых платформ для научных исследований и международного сотрудничества. Лунная орбита, как естественное продолжение МКС, представляет собой перспективное направление для дальнейших исследований и разработки новых технологий. Создание Лунной станции (ЛС) на гало-орбите в окрестности точки

Лагранжа L1 системы Земля-Луна, а также разработка сверхтяжелого ракетного носителя для её строительства и поддержки, являются важными этапами в переходе к новым формам пилотируемой космонавтики.

Цель работы заключается в научно-техническом обосновании концепции развития лунной инфраструктуры, включающей разработку проекта ЛС на гало-орбите и сверхтяжелого ракетного носителя для вывода компонентов ЛС и транспортного корабля в окрестности точки L1 системы Земля-Луна.

Актуальность работы обосновывается в первую очередь необходимостью создания новой орбитальной платформы для научных исследований и международного сотрудничества, вызванной исчерпанием сроков службы МКС с одной стороны и активным развитием концепции исследования космоса, за счет размещения космической инфраструктуры на лунной орбите. Эта платформа станет важным элементом для отработки технологий, которые впоследствии могут быть применены в миссиях на Марс и других дальних объектах Солнечной системы.

Для достижения заявленной цели работы были поставлены и решены следующие частные научные задачи:

1. изучены характеристики точек Лагранжа и гало-орбит, а также факторы космического пространства, воздействующие на космические аппараты.
2. спроектирована архитектура ЛС на гало-орбите, включая её основные модули и системы жизнеобеспечения.
3. разработана концепция сверхтяжелого ракетного носителя для вывода компонентов ЛС и транспортного корабля.
4. произведен анализ перспективы создания многоразового транспортного корабля для регулярной доставки грузов и модулей к станции.

Анализ факторов космического пространства на гало-орбите Земля-Луна позволил уточнить основные требования к построению модулей ЛС. На результирующем этапе разработки архитектуры и функциональных модулей ЛС была разработана 3D-модель станции в CAD-системе, позволившая визуализировать проект и оценить его технические параметры.

Исходя из проведенного анализа преимуществ и недостатков каждого из вариантов концепций построения тяжелых ракет носителей для выведения модулей проектируемой ЛС, первоначально, в качестве оптимальных вариантов для вывода 150 тонн на низкую опорную орбиту были выбраны двухступенчатый и трехступенчатый тандемы благодаря их низким аэродинамическим потерям и простоте конструкции.

Уточняющие расчеты для выбранных вариантов позволили, в качестве наиболее предпочтительного варианта выбрать трехступенчатую ракету, за счет меньшей стартовой массы и наибольшей эффективности.

Проведенное исследование подтверждает технологическую возможность создания лунной инфраструктуры, включающей сверхтяжелый ракетный носитель, Лунную станцию на гало-орбите и многоразовый транспортный корабль. Такая инфраструктура станет подспорьем для новых горизонтов пилотируемой космонавтики, научных исследований и международного сотрудничества.

Дальнейшая работа будет направлена на детальную проработку технических аспектов лунной инфраструктуры и технико-экономическое обоснование вариантов её разработки.

Список используемых источников:

1. Точки Лагранжа: определение, перспективы их использования в космической деятельности [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.syl.ru/article/310174/tochki-lagranja-opredelenie-perspektivy-ih-ispolzovaniya-v-kosmicheskoy-deyatelnosti> (дата обращения: 20.11.24).
2. Воздействие космического пространства на аппараты [Электронный ресурс] // Epizodsspace.Airbase.ru. — URL: <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/znan/1983/4/vozdeistvie.html> (дата обращения: 20.11.24).
3. Архив КТТ [Электронный ресурс] // ПКК «Энергия». — URL: <https://www.energia.ru/ktt/archive/2014/02-2014/02-08.pdf> (дата обращения: 20.11.24).

Мониторинг герметичности термовакuumной камеры в режиме реального времени

Гречанников К.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Терентьев М.Н.

АО «НПО Лавочкина», Химки

Герметичность термовакuumной камеры во время эксплуатации может определяться при помощи измерения давления в рабочем объёме.

Одними из самых неприятных течей являются течи в системе азотоснабжения и азотном экране. Как показывает многолетняя практика эксплуатации термовакuumных камер различных конструкций, размеров и назначения рано или поздно такие течи появляются в любой камере.

Наличие в азотной системе разъёмных и не разъёмных соединений ещё более усугубляют общую картину.

Устранение течей такого рода довольно затруднительно. Как правило, поиск течей методом шупа ничего не даёт, так как течь открывается при температуре жидкого азота. Подать газообразный гелий в систему подачи жидкого азота теоретически возможно, но проверить щупом азотный экран, находящийся внутри отвакуумированной вакуумной камеры, вообще не представляется возможным. Приходится прибегать к нестандартным методам поиска течей.

Предлагаемая методика поиска течей в криогенных системах термовакuumных камерах с использованием метода акустической эмиссии позволит приблизиться к решению этой проблемы, так как позволит определить место течи азотной системы работающей термовакuumной камеры в режиме реального времени.

Метод акустической эмиссии является, в котором используются акустические сигналы, возникающие, в том числе, в результате образования и роста дефектов, протечек жидких и газообразных сред через сквозные отверстия. Метод акустической эмиссии основан на приёме, регистрации и обработке акустических сигналов, генерируемых дефектами в контролируемом объекте.

Для определения места течи иногда применяют корреляционный способ. Принцип работы устройств, основанных на амплитудной локации, заключается в сравнении величины акустических сигналов, принимаемых в различных точках поверхности объекта контроля. Координаты источника определяют по известному затуханию акустических колебаний.

Для решения поставленной задачи необходимо создать методику локализации трещины, в заполненном жидким азотом азотном экране, в рабочем объёме термовакuumной камеры, находящейся на рабочем режиме в режиме реального времени.

Список используемых источников:

1. Вакуумная техника: справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 590 с., ил.

2. Е.В. Жировов, И.А. Лозанов, В.А. Кобзев, К.В. Сметанин, Н.В. Артёмов, Е.Н. Галаганова. «Опыт поиска негерметичности теплоизоляционной полости криогенной транспортной цистерны объёмом 25 м³ фирмы "Linde" при отсутствии технической документации». Материалы XXVII Научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника», Судак, 16-21 сентября 2021г., С. 223-224.

3. В.И. Иванов. Акустическая эмиссия учебное пособие для подготовки специалистов по неразрушающему контролю и технической диагностике / В. И. Иванов, Г. А. Бигус, И. Э. Власов ; под общ. ред. В. В. Ключева ; Российское о-во по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД). — Москва : Спектр, 2011. — 192 с.

Аэротермодинамический анализ и тепловое проектирование многоразового космического корабля, выполняющего аэродинамический манёвр в атмосфере Земли

Гриненко А.С.

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

МАИ, Москва

Целью данной работы является разработка метода торможения многоразового космического корабля при возвращении его на околоземную орбиту с орбиты Луны с использованием многократного аэродинамического манёвра и, как следствие, разработка многоразового теплозащитного покрытия для безопасного движения в атмосфере Земли.

Поставленная цель может быть достигнута путём решения комплекса задач баллистики, аэродинамики, оптимального управления и теплового проектирования, путём выполнения требуемых ограничений по нагреву, перегрузкам, точности приведения к месту сближения с орбитальной станцией. Таким образом, ставится задача междисциплинарного оптимального проектирования.

В настоящей работе для оценки тепловых нагрузок в окрестности передней критической точки использовались аппроксимационные зависимости.

Плотности конвективного и радиационного тепловых потоков были получены из [1].

Допущения, использованные в модели движения:

- 1) Планета представляет собой сферу радиусом 6371 км.
- 2) Гравитационное поле является центрально-ньютоновским.
- 3) Вращательное движение планеты не учитывается.
- 4) Атмосфера планеты не вращается.

Для сделанных выше допущений справедлива система дифференциальных уравнений, которая использовалась для расчета плоского (двумерного) движения в атмосфере планеты.

Аэродинамика аппарата моделировалась на основе зависимостей, представленных в [2]. Эти зависимости справедливы для аппарата, выполненного по схеме «несущий фюзеляж».

Управление движением космического корабля осуществлялось по каналу тангажа. Существует ограничение диапазона изменения угла атаки. Траекторная проблема рассматривалась с точки зрения оптимизационной. Для её решения использовался непрямой метод вариационной группы – принцип максимума [3].

Для решения краевой задачи принципа максимума использовался метод стрельбы. Численное решение соответствующей системы нелинейных уравнений было найдено с использованием эволюционной стратегии с адаптацией матрицы ковариации, реализованной в виде алгоритмов CMA-ES. Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений оптимального движения аппарата осуществлялось с помощью явного вложенного метода Рунге-Кутты порядка 8. Использовалась его реализация в виде алгоритма DOPRI853 (Доманда – Принса).

Давление в критической точке (в которой скорость течения газа $v = 0$) можно определить из формулы Релея. Будем считать, что поток до скачка и после скачка – изэнтропический.

Из полученных результатов расчёта можно сделать вывод, что на аппарат при выполнении аэродинамического манёвра действуют существенные циклические нагрузки, вызванные резким ростом аэродинамического давления, воздействующего на аппарат, на этапах погружения его в плотные слои атмосферы.

Необходимая толщина двухслойной неразрушаемой теплозащиты определяется из решения прямой задачи теплопроводности [4].

Учитывая требования, предъявляемые к конструкции теплозащитного экрана, для двухслойного теплозащитного покрытия на этой стадии исследований были выбраны следующие материалы: углерод-углеродный композиционный материал с покрытием из карбида кремния (C-C_{sic}), керамический материал ТЗМК-10, сетчатый стеклогуглерод и высокопористый ячеистый карбид кремния SiC (Пена SiC).

Допустимая температура тыльной поверхности теплозащитного экрана принималась равной 320 К, температура на границе слоев теплозащитного покрытия ограничивалась значением 900 К.

Из результатов моделирования следует, что траектория движения КА на этапе рассеяния энергии состоит из множественных последовательных участков входа/выхода аппарата из атмосферы; это обусловлено, во-первых, слабой управляемостью аппарата в рамках рассматриваемой аэродинамической модели, а во вторых – «жесткостью» ограничения на плотность суммарного теплового потока (предельно допустимое значение которого выбирается исходя из рассмотрения неабляционной тепловой защиты и составляет 1 МВт/м^2), вследствие чего оказывается невозможным управляемое движение аппарата вдоль границы рассматриваемого ограничения; последнее следует из анализа регулярности смешанных ограничений в рамках соответствующей задачи оптимального управления: принимая во внимание общее ограничение диапазона изменения угла атаки несущего корпуса КА а также ограничение на максимальную суммарную перегрузку.

Список используемых источников:

1. Brandis A.M., Johnston C.O. Characterization of stagnation-point heat flux for Earth entry, AIAA, 2014, 2014-2374, 20 p. <https://doi.org/10.2514/6.2014-2374>.
2. Kosenkova A.V., Minenko V.E. Investigation of Aerodynamic Characteristics for Various Types of a Lander to the Venus Surface AIP Conference Proceedings 2318, 020006 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0035836>.
3. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фомин С. В. Оптимальное управление. М.: Наука, 1979, 432 с.
4. Авдучевский В.С., Кошкин В.К., Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике, М.:Машиностроение, 1992.

Выбор оптимальной конфигурации маховичного накопителя энергии для изделий аэрокосмической техники

Дубровин И.Г.

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

МАИ, Москва

В исследовании рассматриваются ключевые аспекты выбора материала ротора, конструкции и оптимальной конфигурации маховичных накопителей энергии для применения в изделиях аэрокосмической техники.

Основным критерием при выборе материала является его высокая прочность на разрыв, поскольку это определяет максимальную скорость вращения и энергоемкость накопителя [1]. Традиционные материалы, такие как сталь, подходят для монолитных маховиков, однако их применение ограничено по причине сложности производства крупных накопителей из-за недостаточной способности стали к закаливанию. Композитные материалы показывают более высокие характеристики энергоемкости благодаря их низкой плотности и высокой прочности.

Рассмотрены различные типы роторов: диск с отверстием, обод со спицами, равнопрочный диск, кольцевой маховик и супермаховик. Самым эффективным среди сравниваемых вариантов оказался супермаховик. В нем обеспечивается более высокий уровень накопления энергии при меньшей массе ротора благодаря периферийному расположению [2].

Корпус маховичного накопителя выполняет защитные функции, предотвращая разлет осколков при разрушении маховика. В условиях космоса, где имеется высокая степень разряжения, вакуумный корпус не является обязательным. Однако при применении в атмосфере с целью снижения аэродинамических потерь и уменьшения риска перегрева необходимо предусмотреть создание вакуума с помощью насоса [3].

Для подвески ротора накопителя рекомендуется использовать магнитные подшипники пассивного типа, снижающие трение и вибрации, которые могут стать критичными при высоких скоростях вращения.

Можно предложить следующие способы снятия энергии с маховиков:

- 1) с использованием магнитной муфты;
- 2) через электрическую машину, установленную внутри герметичного корпуса накопителя [4].

Магнитная муфта позволяет передавать вращение на внешний вал без нарушения герметичности, в то время как внутренняя электрическая машина обеспечивает меньшие потери на трение.

По результатам анализа рассмотренных конфигураций маховичных накопителей решено использовать супермаховик, размещаемый в корпусе из композитных материалов и установленный на магнитной подвеске в вакуумированной камере. Данная конфигурация является оптимальной для применения в изделиях аэрокосмической техники, так как обеспечивает наибольшую удельную энергоёмкость, снижение потерь на трение, более высокую степень защищённости от разрушения и другие преимущества.

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. Колесова М.А., Крупнов А.В. Краткий обзор характеристик и сравнение параметров накопителей электрической энергии. // Вестник ТГТУ. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии. — 2022. — № 2 (14). — С. 46—56.
4. Михин Е.А. Сравнительный анализ перспективных накопителей электрической энергии. // Инновации, технологии и бизнес. — 2020. — № 2 (8). — С. 31—36.

Оптимизация формы корпуса вращающейся космической системы с учётом отделения модулей

Екимовская А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В начале освоения космоса первые конструкции выполнялись шаровыми по многим причинам. Одна из них заключается в экстремальном свойстве шара, известном из вариационного исчисления — это геометрическое тело максимального объема при минимальной поверхности. В частности, мыльные пузыри принимают форму шара для минимизации энергии поверхностного натяжения плёнки. Однако при наблюдении мыльных пузырей мало кто обращает внимание на слипшиеся плёнки, которые имеют форму сферических сегментов, то есть усечённых сфер. В работе предлагается методика проектирования КА из модулей в виде сферических сегментов с внутренними перегородками [1]. Вариационная задача остаётся прежней — определить такие срезы сфер, одинаковые для всех модулей, чтобы отношение площади поверхности к объёму было минимальным для уменьшения массы корпуса и снижения тепловых потоков, или, что то же самое, отношение объёма к площади поверхности было максимальным. Выражение для исследуемой функции программируется на основе полученного аналитического выражения с учётом правил работы в среде Skilab. Например, арифметические операторы, кроме умножения и вычитания, пока применяются поэлементно, то есть перед ними ставится точка. Также вместо возведения в степень есть смысл применять умножение как более быструю компьютерную операцию, но это относится к области оптимального программирования и не существенно в этой работе. Самым простым способом проверить правильность полученных аналитических результатов является программная реализация целевых функций и их производных.

Для решения задачи оптимизации разработан специальный алгоритм.

1. Задаём условный радиус, проще всего задать $R=1$, отсека в виде сферы. Такое допущение не уменьшает общности задачи, полученные результаты в итоге пересчитываются для реальных значений по правилам геометрического подобия.

2. Задаются ограничения на величину относительного среза $x=h/R$ сферы, считая от её поверхности, для перехода к сферическому сегменту. Рассматриваются срезы только до большого круга сферы. Значение $x=0$ означает, что среза сферы нет, значение $x=1$ означает, что сфера превратилась в полусферу.

3. Задаётся диапазон и дискретный шаг изменения величины относительного среза $x=h/R$ сферы. На практике вполне реально выбрать дискретный шаг изменения относительного среза 0,001.

4. Задаются формулы для расчёта объёмов двух типовых тел. Первое типовое тело – это шар. Второе типовое тело – это срезанная часть сферы. Этого достаточно, чтобы вычислить объём любой изучаемой составной конструкции, но требуется следить, чтобы срезы сферы не пересекались.

5. Задаются формулы для расчёта площадей поверхностей трёх, а не двух, как в предыдущем пункте, типовых тел. Первое типовое тело – это сфера. Второе типовое тело – это срезанная часть сферы. Третье типовое тело – плоская круговая крышка-перегородка, закрывающая срез сферы. Объёма у плоской крышки-перегородки нет, поэтому в предыдущем пункте она отсутствует.

6. В программу вводится вручную, в диалоговом режиме:

- количество сферических отсеков в составной конструкции;
- количество срезов сфер, которое не обязательно совпадает с числом сфер, потому что один отсек может иметь несколько срезов;
- количество крышек-перегородок между сферическими сегментами, которое не обязательно равно числу сфер и срезов, так как в конструкции могут быть кратные перегородки, или их может не быть.

7. Записывается формула для расчёта объёма составной конструкции.

8. Записывается формула для расчёта площади поверхности составной конструкции.

9. Записывается формула для расчёта выбранного показателя качества (максимизация) составной конструкции – отношения объёма к общей площади поверхности $f=V/S$.

10. Строится график $f(x)$ зависимости показателя качества от величины среза.

11. Выполняется анализ графика на предмет наличия максимума.

12. С любой априорно заданной точностью определяется оптимальное значение относительного среза сферических блоков.

Исследован пример проектирования рациональной вращающейся конструкции КА, которая содержит 12 модулей, 24 среза, 20 перегородок. Конструкция корпуса содержит двойные перегородки, четыре центральных блока разделены одинарными перегородками. Для такой конструкции величина оптимального среза сфер равна $x=0,0824$, то есть 8,2% величины радиуса модуля. Двойные перегородки нужны для сохранения герметичности отсеков после их разделения с целью орбитального маневрирования [2].

Таким образом, комбинация сферических сегментов позволяет увеличить отношение объёма к площади поверхности ёмкости или корпуса и одновременно выполнить конструктивные требования по отделению модулей для орбитального маневрирования. Для каждой комбинации сферических сегментов, из которых собирается корпус вращающейся космической системы, существует свой оптимальный срез сферы, определяемый по предлагаемой методике. Расчётная программа отлажена, позволяет быстро определить величину оптимального среза сферы каждого модуля.

Список используемых источников:

1. Екимовская А.А. Проектирование кольцевого корпуса космического аппарата или ёмкости из сферических сегментов с внутренними перегородками / Труды Всероссийской научно-практической конференции «Авиация. Космонавтика. Будущее»; Москва (город Жуковский), 24 августа 2024 года. Спортивно-патриотический союз «Армада». - СПб: Научёмки технологии, 2024. – 80 с. – С.43-46. – ISBN 978-5-907804-94-4. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=73403994>.

2. Дроботов В.Б., Екимовская А.А. Сравнительный анализ форм лепесткового и традиционного тора для применения в конструкциях космических аппаратов / 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика 2024». 18-22 ноября 2024 года. Московский авиационный институт. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2024. – 3,2 Мб [Электронное издание]. – 310 с. – ISBN 978-5-00258-198-6. – С.183-184. – <https://aik.mai.ru/files/abstracts2024.pdf>.

Проектирование траектории прямого быстрого перелета с опорной околоземной орбиты на орбиту вокруг Луны при использовании двигательной установки большой тяги

Колганов Т.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Константинов М.С.

МАИ, Пушкино

Прямым быстрым перелётом будем называть традиционную схему перелёта, при которой космический аппарат попадает в окрестность Луны за несколько суток (например, 4-5), не удаляясь от Земли на расстояние существенно превышающее расстояние до Луны.

Предполагается, что транспортная космическая система состоит из ракеты-носителя, химического разгонного блока и собственно космического аппарата со своей химической двигательной установкой.

Рассматривается следующая схема перелёта: транспортная система обеспечивает выведение КА на низкую околоземную круговую орбиту. Космический аппарат некоторое время находится на стартовой орбите. Затем в выбираемой точке стартовой орбиты включаются двигатели химического разгонного блока и обеспечивается перевод КА на перелётную траекторию к Луне. После этого химического разгонного блок отделяется от КА. Условия движения космического аппарата в этот момент выбираются такими, чтобы он без дальнейшего включения двигателя попал в окрестность Луны и достиг высоты над лунной поверхностью равной высоте целевой окололунной орбиты. В этот момент предполагается включение двигателя КА, который должен обеспечить выведение КА на целевую окололунную орбиту. Предполагается, что целевая окололунная орбита является низкой, круговой. Считаются заданными высота орбиты и её наклонение к плоскости лунного экватора. Анализируемая траектория рассматривается как номинальная невозмущенная. Реальная возмущенная траектория будет отличаться от рассматриваемой нами номинальной траектории и при реализации перелета могут быть использованы корректирующие импульсы скорости. Вопросы коррекции траектории перелета рассматриваться не будут.

Целью работы является определение оптимальных параметров прямого лунного перелёта.

Список используемых источников:

1. Механика космического полёта: Учебник для втузов/М.С. Константинов, Е.Ф. Каменков, Б.П. Перельгин, В.К. Безвербовый; Под ред. В.П. Мишина — М.: Машиностроение, 1989. — 408 с.: ил.

Разработка системы обеспечения теплового режима в типовом исполнении радиометрической аппаратуры дистанционного зондирования Земли

Колесов Г.А.

Научный руководитель — Овчинников Д.Н.

МАИ, РКК «Энергия», Москва

Технология дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса непрерывно используется с самого начала аэрокосмической деятельности человека и до сих пор является её неотъемлемой частью. Результаты проводимых исследований широко применяются в различных сферах науки, таких как метеорология, экология, геодезия и др. Одним из основных способов ДЗЗ является использование спутниковой сверхвысокочастотной (СВЧ) радиометрии, интерес к которой возобновился в связи с возросшими технологическими

возможностями для проведения такого плана экспериментов. Поэтому перспективным считается применение СВЧ радиометрических приборов и агрегатов как на малых космических аппаратах (искусственные спутники Земли), так и на больших орбитальных комплексах.

Ключевым примером эксплуатации данной технологии является панорамный СВЧ радиометрический комплекс, работающий в дециметровом диапазоне волн [1]. Типовая проектная компоновка изделия в общем виде включает в себя три основные части: активная фазированная антенная решетка (АФАР) с устройством калибровки, командно-инерциальный блок (КИБ), радиометрический СВЧ приемник [2]. С помощью крепежного оборудования осуществляется установка на поверхность корпуса выбранного служебного модуля КИБ, непосредственно к которому крепится АФАР. Причем КИБ располагается по центру плоскости антенны, а радиометрический СВЧ-приемник на протяжении всего полета должен быть направлен в надир.

Одной из возможных проблем, связанных с работой аппаратуры, является её нахождение на открытых, незащищённых от солнечных и земных лучистых потоков поверхностях. Элементы прибора постоянно подвержены влиянию внешнего теплового воздействия, результатом которого является повышение температуры рассматриваемой системы. В то же время, когда космический аппарат с экспериментальным оборудованием находится в тени Земли, падающие на него потоки имеют минимальное значение. Это, в свою очередь, приводит к снижению температуры основных узлов агрегата. При продолжительной эксплуатации изделия это непременно приведёт к возникновению температурных колебаний. Их опасность состоит в том, что они могут являться причиной появления высокого уровня фоновых помех. Таким образом, основными целями создания типовой системы обеспечения теплового режима (СОТР) являются поддержание теплового режима основных узлов СВЧ радиометрического прибора в заданном температурном диапазоне, а также уменьшение температурных колебаний и сведение разности их значений к максимально возможному стабильным показателям с целью штатного функционирования изделия.

Для решения поставленных задач были проведены тепловые расчеты падающих тепловых потоков с разработанной СОТР изделия в двух основных вариантах, по результатам которых получены данные о температурных режимах ключевых узлов аппаратуры. Первым решением является применение пассивной СОТР. Предлагается использование вакуумно-волоконистой тепловой изоляции, отличающейся от привычной экранно-вакуумной тем, что последняя оказывает негативное воздействие непосредственно на СВЧ-аппаратуру, тем самым вызывая помехи. Вторым вариантом предлагается применение активной СОТР, а именно использование в качестве установочной поверхности исследовательской аппаратуры термостатируемого кронштейна. При установке прибора на служебные модули станций или корабли, в составе которых имеется активная СОТР с гидравлическим контуром, предполагается возможность подключения к нему дополнительного элемента. Результаты расчета показали надежность и достаточность проектируемой СОТР для обеспечения всех заданных температурных условий для штатного функционирования изделия.

Список используемых источников:

1. Смирнов М. Т., Халдин А. А. Предварительные результаты экспериментов с СВЧ радиометрическим комплексом L-диапазона на РС МКС // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 2. С. 160-166.
2. Energia.ru. Исследование природных ресурсов Земли Эксперимент «СВЧ-радиометрия». URL: <https://www.energia.ru/ru/iss/researches/priroda/07.html> (Дата обращения: 24.02.2025 г.).
3. Смирнов М. Т. Эксперимент по дистанционному СВЧ радиометрическому зондированию Земли в L-диапазоне с малого космического аппарата первые результаты / М. Т. Смирнов, Д. М. Ермаков, С. М. Маклаков, А. А. Халдин, А. Е. Максимов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 3. С. 142-149.

4. Арманд А. Н. Спутниковая СВЧ-радиометрия L-диапазона / А. Н. Арманд, Ю. Г. Тищенко, В. С. Аблязов, А. А. Халдин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Т. 3, № 1. С. 221-223.

Обоснование конструкции комбинированной системы КЯЭУ и магнитоплазменного двигателя с натриевым рабочим телом

Мерзляков К.А.

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

СТИ НИЯУ МИФИ, Северск

С ростом интереса к использованию ядерной энергии в космических миссиях, особенно для длительных полетов и исследовательских программ, а также повышения эффективности ракетных двигателей, возникает необходимость в новых инженерных решениях и технологических разработках. Одним из наиболее перспективных направлений является создание и применение магнитоплазменного двигателя (МПД) с собственным магнитным полем. Однако для его реализации требуется значительное количество энергии десятки и сотни киловатт электрической мощности. Решение этой проблемы может быть найдено в разработке космической ядерной энергетической установки (КЯЭУ), способной обеспечить такие энергетические потребности. Одним из возможных решений является создание комбинированной системы, объединяющей КЯЭУ и магнитоплазменный двигатель (МПД). Использование термоэмиссионного реактора с натриевым теплоносителем и двигателя с натриевым рабочим телом может существенно упростить конструкцию системы за счет унификации рабочих сред. Это позволит снизить массу и сложность конструкции, что особенно важно для космических миссий.

Однако реализация такой системы сопряжена с рядом технических и научных проблем. Во-первых, натрий обладает высокой химической активностью, что требует использования герметичных систем и специальных материалов для предотвращения коррозии и утечек. Во-вторых, для эффективной работы системы необходимо обеспечить плавление натрия, его испарение и последующую ионизацию, что требует значительных энергетических затрат. Кроме того, несмотря на то, что натрий является одним из наименее плотных металлов, для достижения требуемых энергетических показателей, особенно с учетом КПД термоэмиссионных преобразователей (10–20%), масса теплоносителя может достигать 1 тонны. Так, для реактора мощностью 500 кВт с КПД термоэмиссионных преобразователей 15% требуется тепловая мощность около 3,3 МВт. Тем не менее ряд особенностей конструкции и использование натрия как в реакторе, так и в двигателе открывают перспективы для данного проекта. Например, с уменьшением активности топлива в активной зоне реактора из-за полураспада изотопов, появляется возможность использования части теплоносителя в качестве рабочего тела для двигателя (до 10% от общего объема). Это позволяет оптимизировать массу системы и повысить ее эффективность.

В ходе проведенных исследований была разработана схема конструкции комбинированной системы КЯЭУ+МПД, а также выполнен предварительный нейтронно-физический расчет реактора. Полученные результаты демонстрируют возможность создания компактной и эффективной установки для перспективных космических миссий.

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. Грязнов Г. М. К 30-летию пуска первого в мире термоэмиссионного ядерного реактора «Топаз» // Атомная энергия. Том 89, вып. 1. — 2000. — С. 6–11.

Аэрокосмическая транспортная система

Мяукин Д.А.

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

МАИ, Москва

Особый практический интерес на всём пути развития космической отрасли вызывает создание многоразовых транспортных космических систем, способных снизить стоимость доставки полезного груза на орбиту, что приведёт к увеличению доступности космического пространства. Одним из наиболее перспективных направлений является создание одноступенчатых аэрокосмических транспортных систем (АКТС) горизонтального старта, использующих несущую поверхность для создания подъёмной силы и воздушно-реактивные двигатели, высокие значения удельного импульса которых значительно превышают характерные для ЖРД значения. Также к преимуществам АКТС относятся: возможность использования мировой аэродромной сети, отсутствие ограничений на азимут запуска, широкий диапазон орбит выведения, возможность увеличения относительной массы полезного груза по сравнению с РН на $\approx 20\%$ [1]. Технические сложности при создании АКТС на сегодняшний день не являются непреодолимыми, что обуславливает актуальность создания ЛА рассматриваемого типа.

Для максимизации массы полезного груза необходимо применение комбинированных двигательных установок, которые включают в себя современные и перспективные ВРД, а также прямоточные двигатели, способные обеспечить разгон ЛА до чисел Маха $M=10\dots 15$.

Основной задачей исследования является анализ транспортных возможностей перспективных аэрокосмических транспортных систем при выведении ПН на НОО. В ходе работы была проведена оценка основных проектных параметров ЛА, рассмотрены участки выведения в соответствии с типом используемого ВРД. На каждом участке определено оптимальное управление ЛА для выполнения транспортной задачи при наличии фазовых ограничений, а также ограничений по управлению. В качестве критерия оптимальности выбрана максимизация конечной массы системы. Задача решалась посредством редукции задачи поиска оптимального управления к многоточечной краевой задаче посредством применения Принципа Максимума Понтрягина.

В результате работы была решена транспортная задача, произведена оценка массы ПН, доставляемой на НОО. Также определены перегрузки по траектории выведения, которые оказались ниже, чем реализующиеся при выведении РН, что позволит снизить массу конструкции, а также свидетельствует о высокой перспективности использования АКТС для пилотируемых полётов.

Список используемых источников:

1. Нечаев Ю.Н. Силовые установки гиперзвуковых и воздушно-космических летательных аппаратов / Нечаев Ю. Н.; Академия Космонавтики им. К. Э. Циолковского. – М., 1996. – 213 с.
2. Бурого С.Г. Аэродинамика маневренного летательного аппарата. – М.: МАИ, 2012. – 78 с.
3. Артамонова Л.Г., Кузнецов А.В., Песецкая Н.Н. Поверочный расчёт аэродинамических характеристик самолёта. Учебное пособие – М.: МАИ, 2010 г. – 143 с.
4. Югов О.К., Селиванов О.Д. Основы интеграции самолёта и двигателя. – М.: Машиностроение, 1989 г. – 304 с.

Методика оценки запаса рабочего тела корректирующей двигательной установки для поддержания высоты околокруговой солнечно-синхронной орбиты на протяжении срока активного существования космического аппарата

Предеин К.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ельников Р.В.

МАИ, Москва

На ранних этапах проектирования точность оценки запаса рабочего тела (РТ) ограничена из-за неопределённостей в параметрах КА, таких как масса, баллистический коэффициент, а также уровнях солнечной и геомагнитной активности.

Определение коэффициента S_x сопряжено с трудностями, связанными с описанием движения КА в верхних слоях атмосферы. Этот вопрос изучается с середины прошлого века [1]. Методы оценки затрат рабочего тела для солнечно-синхронных орбит (ССО), основанные на темпе падения высоты, представлены в литературе [2].

Потребный суммарный импульс тяги КДУ за срок активного существования (САС) вычисляется из условия полной компенсации аэродинамических потерь во время полета КА, что на практике представляет собой интеграл от силы аэродинамического сопротивления по времени за САС.

Для ССО важным допущением является неизменность угла между направлением на Солнце и плоскостью орбиты. Это позволяет использовать эквивалентное значение склонения Солнца, соответствующее средней плотности атмосферы за виток.

Для расчёта используется динамическая модель атмосферы CIRA-72 [3]. Для учёта солнечной и геомагнитной активности используется их историческая динамика с 1957 года.

Подбор эквивалентного склонения Солнца проводился для орбит высотой 200–1000 км, с разными месяцами года и местным временем прохождения восходящего узла (ВУ). Для временных интервалов, кратных году, эквивалентное склонение Солнца в среднем составляет 86° , что соответствует усреднённой плотности атмосферы. Численные значения эквивалентного склонения Солнца для некоторых ССО представлены далее в формате [высота ССО, км; эквивалентное склонение Солнца, град.]: [200; 86,044], [300; 91,075], [400; 89,734], [500; 87,516], [600; 85,794], [700; 85,414], [800; 85,287].

Обобщив данный результат, можно сказать, что средняя плотность атмосферы на витке приближенно соответствует значению склонения Солнца, равного 90° .

Предложенная методика позволяет эффективно оценивать запас рабочего тела корректирующей двигательной установки космического аппарата на солнечно-синхронной орбите. Алгоритм учитывает ключевые параметры верхней атмосферы и динамику аэродинамического сопротивления, обеспечивая надежный расчет импульса тяги для длительных периодов эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Sentman, L. H., "Free Molecule Flow Theory and Its Application to the Determination of Aerodynamic Forces," Tech. Rep. 448514, Lockheed Missiles and Space Company, Sunnyvale, California, October 1961.
2. Чернов А.А., Чернявский Г.М. Орбиты спутников дистанционного зондирования Земли. Лекции и упражнения. - М.: Радио и связь, 2004. – 200 с.: ил.
3. CIRA-72. COSPAR International Reference Atmosphere, Akademie Verlag, Berlin, 1972.

Применение PID-регулятора для стабилизации высоты полета мультироторного летательного аппарата в атмосфере Венеры

Рыжков В.В.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Исследование динамики движения летательных аппаратов в атмосфере Венеры представляет собой актуальную задачу аэрокосмической отрасли. Ввиду высокой плотности газовой среды и наличия ветровых возмущений, успешная стабилизация летательных

аппаратов требует применения точных алгоритмов управления. Данная работа посвящена разработке и анализу метода стабилизации мультироторного летательного аппарата (МРЛА) по высоте в разреженной атмосфере Венеры с использованием PID-регулятора.

Основной целью исследования является удержание МРЛА в пределах заданной высоты (50 000 м) при наличии переменных по интенсивности ветровых воздействий. В качестве управляющего воздействия рассматривается изменение угловой скорости вращения пропеллеров, которое регулируется PID-контуром. В ходе моделирования учитываются ключевые аэродинамические факторы, включая силу тяжести, сопротивление среды и нестационарные возмущения ветровых потоков.

Для упрощения математической модели и обеспечения вычислительной эффективности исследования исключается рассмотрение угловой стабилизации аппарата. В данной постановке акцент сделан исключительно на анализе поступательного движения, так как удержание заданной высоты является критически важным аспектом работы аппарата в атмосфере Венеры. Предполагается, что ориентация аппарата поддерживается внутренними высокочастотными контурами управления или конструктивными решениями; вследствие этого угловые движения не учитываются в настоящем исследовании, что позволяет сосредоточить внимание исключительно на стабилизации высоты.

Математическая модель системы включает дифференциальные уравнения движения МРЛА, описывающие баланс сил в вертикальном направлении. Влияние ветровых потоков моделируется с учетом данных атмосферных исследований Венеры, где порывы ветра варьируются по высоте и времени. Для стабилизации высоты используется PID-регулятор, параметры которого оптимизируются методом дифференциальной эволюции с целью минимизации интегральной ошибки отклонения высоты.

Численное моделирование подтвердило, что предложенный метод управления эффективно компенсирует возмущения, удерживая высоту в пределах допустимого разброса ± 150 м. Несмотря на начальное отклонение до 50 300 м, аппарат стабилизировался на уровне 49 997 м. Горизонтальное и боковое перемещения происходят под воздействием ветровых потоков.

Представленная модель управления и численная реализация демонстрируют возможность устойчивой стабилизации высоты МРЛА в условиях атмосферы Венеры. Перспективой дальнейших исследований является расширение модели за счёт интеграции коррекции угловых движений аппарата и уточнения аэродинамических характеристик в режиме висения, что позволит повысить точность и надёжность системы управления.

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. Пантелеев А.В., Дмитраков И.Ф. Применение метода дифференциальной эволюции для оптимизации параметров аэрокосмических систем // Труды МАИ. – 2010. – Вып. 37. – С. 1–10.
3. Монахов О.Г., Монахова Э.А., Токтошов Г.Ы. Алгоритм дифференциальной эволюции в задачах оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 09. – С. 135–144. – DOI: 10.7463/0915.0800020.
4. Малышев В.В., Пиявский С.А. Метод уверенных суждений при выборе многокритериальных решений // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2015. – № 5. – С. 90–101.

Решение обратной задачи для вычисления теплового сопротивления пульсирующих тепловых труб

Судуров А.А.

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

МАИ, Москва

Пульсирующие тепловые трубы (ПТТ) являются перспективным устройством, отводящим тепло, использующим двухфазный поток жидкости и газа для максимизации своей эффективности благодаря скрытой теплоте парообразования. Однако, из-за этого задача составить точную тепловую модель становится кратно сложнее. Справиться с этим поможет решение обратной задачи. От прямой задачи, её отличает то, что в прямой строится модель и на основе модели вычисляются результаты. В обратной же – наоборот: эмпирические данные кладутся в основу модели, на основе которых восстанавливаются параметры.

В данном случае восстанавливаемым параметром будет тепловая проводимость, либо же обратная ей величина – тепловое сопротивление. В данной модели с сосредоточенными параметрами испаритель и холодильник соединены трубкой, имеющей некоторое сопротивление. Предельные значения данной величины можно посчитать по закону Фурье, по максимальному тепловому потоку, который мог бы передаваться тепловой трубой при тепловой мощности, приложенной к испарителю.

Тепловой поток идентифицируется итерационно-регуляризационным способом, то есть на каждой новой итерации рассчитывается малое приращение функции, тем самым снижая функционал температурной невязки между экспериментальными и восстановленными температурами. Далее вводится временная сетка, содержащая измеренные температуры, и для каждой временной точки составляются два дифференциальных уравнения для двух узлов. Введя в уравнения все остальные переменные, такие как теплоемкость конденсатора и испарителя, температуру воздуха и др. можно восстановить тепловую проводимость, считая, что приращение проводимости происходит из-за изменения температуры узла. Функционал температурной невязки рассчитывается как квадраты разностей экспериментальных и измеренных температур, просуммированные по всей временной сетке.

Были проведены два эксперимента, в обоих наблюдались отклонения в предельных и идентифицированных теплопроводностях. К тепловой трубе были приложены разные тепловые нагрузки и с увеличением потока не происходило увеличение проводимости.

Список используемых источников:

1. Викулов А.Г., Ненарокомов А.В. Вариационный метод идентификации тепловых математических моделей с сосредоточенными параметрами // Тепловые процессы в технике. 2016. №5. С. 214-226.

Расчёт траектории перелёта к околоземному астероиду с учетом некомпланарности орбит

Уливанов С.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Старинова О.Л.

Самарский университет, Самара

В Солнечной системе существуют астероиды, которые являются потенциально опасными, из-за того, что их орбита может пересекать орбиту Земли. Моделирование их движения важно, ведь тогда можно спрогнозировать его траекторию относительно Земли, дату возможного столкновения астероида с Землёй и точку падения, и принять меры для его отклонения. Околоземные астероиды можно использовать как потенциальный источник полезных ископаемых, ведь перелёт от Земли до них возможен со сравнительно небольшими затратами топлива.

В данной работе рассматривается задача расчёта перелёта Земли околоземный астероид 469219 Камоалева. Моделирование гелиоцентрического движения Земли, Камоалева и космического аппарата проводится численно. Начальное положение и скорость Земли и

Камоалевы рассчитываются на базе эфемерид, предоставленных ресурсом НАСА «Horizon Systems».

Расчёт траектории КА проводился в рамках импульсной постановки в рамках теории сфер действия. Моделирование гелиоцентрического движения объектов проходит без учёта возмущений от других небесных тел Солнечной системы. Для КА выбирается дата старта и длительность перелёта и решается задача Эйлера-Ламберта, после чего строится некомпланарная переходная орбита от Земли до выбранного объекта. В качестве начального приближения даты подлёта выбирается дата, соответствующая пересечению орбиты Камоалева и эклиптики. Расход потребного на перелёт топлива на перелёт рассчитывается по формуле Циолковского для заданных стартовой массы КА, удельного импульса и тяги двигательной установки.

Моделирование и отображение некомпланарного гелиоцентрического движения Земли, Камоалева и КА проводится в разработанном программном комплексе. Кроме траекторий, по запросу пользователя, возможно визуализировать относительное движение Земли, КА и Камоалева, другие характеристики движения. Дополнительно, программный комплекс позволяет рассчитать импульсы изменения скорости КА и массу топлива, которое будет затрачено для реализации данных импульсов.

Список используемых источников:

1. Белоконов, В. М. Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории : конспект лекций. – Текст : электронный / В. М. Белоконов ; М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР, Куйбышев. авиац. ин-т им. С. П. Королева. – Куйбышев, 1989.
2. Сближение в космосе [Текст] / В. Г. Балахонцев, В. А. Иванов, В. И. Шабанов. – Москва: Воениздат, 1973. – 240 с. : ил.; 21 см.
3. Баллистика и наведение летательных аппаратов [Текст] / Ю. Г. Сихарулидзе. – Москва: Бином. Лаб. знаний, 2011. – 407 с
4. On-line solar system data and ephemeris computation service [URL] <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/>.

Разработка транспортной инфраструктуры для нужд логистики лунных колонизационных проектов

Устинов А.С.

Научный руководитель — Рудой И.А.

МАИ, Москва

В настоящее время уже существуют проекты, направленные на колонизацию Луны (и построение полноценной лунной экономики с потенциалом на перенос большей части земной добывающей и металлургической промышленности в перспективе этого столетия) с учетом экономической части вопроса – т.е. проекты, рассчитанные на принесение прибыли. Проекты, не зависящие от постоянно меняющейся политической обстановки или идеологического устремления [1].

Однако, для их поддержания необходимо создание полноценной транспортной инфраструктуры, в том числе и средствами самой лунной колонии. Наблюдения за ежегодным количеством выведенных в космическое пространство аппаратов приводят к очевидному выводу: спрос на экспансию в межпланетное пространство уже существует. Однако он ограничивается главным сдерживающим фактором – низкой частотой запусков, прежде всего.

Если брать за основу самую грузоподъемную сверхтяжёлую РН, существующую на данный момент, Super Heavy – продукт компании SpaceX – с космическим кораблём Starship HLS, то он способен доставить 100 тонн ПН на лунную поверхность в грузовой конфигурации [2]. При условии, что с Земли раз в сутки без перерывов сможет стартовать один корабль, то итоговая доставленная на Луну масса составит 36,5 тысяч тонн. Если учитывать эту сверхоптимистичную частоту запусков, брать в расчёт количество необходимых дозаправок, а именно 9 заправок на 1 полет до Луны, то итоговая масса сокращается до 3650 тонн. Максимальное количество человек, способное существовать при

данном логистическом потолке составляет от 900 до 1200 по различным оценкам. Этого достаточно для исследовательских лабораторий и ограниченного космического туризма, но никак не для полноценной колонизации.

Можно строить десятки новых космодромов, делать ракеты ещё больше, понижать стандарты надежности и безопасности, но это не решит ключевую проблему – лишь поднимет логистический потолок. Однако, если будет существовать аппарат, курсирующий между НОО и Луной, то сверхтяжелую РН можно использовать в орбитальной конфигурации и без необходимости дозаправок. Достаточно будет выйти на орбиту, сблизиться с аппаратом (орбитальным «паромом») и вернуться на Землю. Паром же подберёт ПН и доставит на Луну в полностью автоматическом режиме, не входя в атмосферу Земли. Поэтому такому транспортному средству не нужна ни аэродинамическая форма с тяжелой абляционной защитой, ни экипаж – он будет способен работать полуавтономно или автономно с применением технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения для работы с ПН и лунной наземной инфраструктурой.

Изготовить структуру такого парома можно на мощностях колонии из простых стальных балок. Сталь изготавливается на самой Луне из расплавленного реголита при помощи электролиза с добавлением импортированного с Земли углерода [3]. Учитывая низкую лунную гравитацию и отсутствие на спутнике атмосферы, габариты такого парома могут быть достаточными, чтобы вмещать суммарную ПН нескольких сверхтяжелых РН. ПН должна располагаться в стандартизированных контейнерах, концептуальных продолжателях стандартного морского контейнера, применяемого на Земле. Для обработки такого количества грузов на НОО необходимо доставить специальную станцию – т.н. транспортный хаб, служащий местом временного расположения и сортировки контейнеров. Он будет изготовлен на Луне, подобно самому космическому парому.

Однако, подобный паром должен сопровождаться и лунной инфраструктурой. Из логистических соображений, желательно прилуниться как можно ближе к колонии, но из соображений безопасности – наоборот. Компромиссное решение проблемы представляет из себя посадочная площадка на рельсовом пути, которая способна подъехать из зоны посадки к станции разгрузки и обслуживания. Помимо транспортировки, рельсовый путь можно продлить и использовать как электромагнитную катапульту для ускорения парома, тем самым уменьшив затраты топлива. При ускорении в 1G для покидания сферы тяготения Луны потребуется рельс длиной в 300 километров, однако беря в расчет отсутствие экипажа у парома, ускорение можно увеличить до 5G, сократив длину катапульты до 25 километров. Износ рельс на таком ускорении можно нивелировать флотом автономных луноходов-рельсоукладчиков.

В качестве ДУ допустимо использование ЖРД топливной пары кислород-водород на начальных этапах, добываемой из лунного водяного льда, пока не будут готовы ядерные двигатели на растворах солей урана с УИ от 10 000 секунд и выше [4].

Таким образом, в данной работе были приведены основные инфраструктурные вехи, необходимые для преодоления логистического потолка, ограничивающего рост лунных колоний и развития человечества в долгосрочной перспективе.

Список используемых источников:

1. Michael B. Duke, Harrison H. Schmitt. Development of the Moon. Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 2006. p. 597-656.
2. Starship: Service to Earth Orbit, Moon, Mars and Beyond [Электронный ресурс] // Официальный сайт корпорации SpaceX, 2025. URL: <https://www.spacex.com/vehicles/starship> (дата обращения: 25.02.2025).
3. Carsten S., James A. Hamilton, Derek J. Fray, Ian A. Crawford. The production of oxygen and metal from lunar regolith. Planetary and Space Science, 2012. Vol. 74, Issue 1, p. 49-56. ISSN 0032-0633.
4. Zubrin R. Nuclear Salt Water Rockets: High Thrust at 10,000 sec ISP. Journal of the British Interplanetary Society, 1991. Vol. 44, p. 371-376.

Метод не прямой оценки энергопотребления электронагревателей в процессе лётной эксплуатации современных модулей орбитальных станций

Хохлов Д.Н.

РКК «Энергия», Королев

В составе системы обеспечения теплового режима (СОТР) современных модулей орбитальных станций широко используются электронагреватели. Управление работой нагревателей автоматическое посредством электронных переключателей, имеющих предустановленные настройки температур включения / отключения нагревателей. Потребляемая электрическая мощность каждого электронагревателя составляет 30 Вт.

Очевидно, что одновременное включение всех электронагревателей создаст серьёзную нагрузку для электросети орбитальной станции. Поэтому первоначальное включение выполняется порционно с временными перерывами на прогрев корпуса модуля.

В течение периода времени включения фиксируются скачки (до 15 А) суммарного тока потребления. После включения все электронные переключатели находятся в запитанном состоянии постоянно, подключая / отключая нагреватели в зависимости от температур корпуса. Учитывая, что отдельный датчик включения и/или датчик тока для электронагревателя не предусмотрен, прямая оценка текущей потребляемой нагревателем мощности невозможна. Но, используя взаимное расположение нагревателей и телеметрических датчиков, можно косвенным путем оценить состояние нагревателя (включён / отключён) по показаниям датчика температуры, расположенного на корпусе модуля в непосредственной близости от переключателя, управляющего данным нагревателем. На рисунке 1 приведены графики температур у трёх условных электронных переключателей:

- переключатель 1 не включает «свой» нагреватель в течение всего периода времени;
- переключатель 2 периодически включает / отключает «свой» нагреватель;
- у переключателя 3 нагреватель включён постоянно.

Применение на практике описанного метода оценки состояния электронагревателей осложнено по следующим причинам.

1. Переключатели имеют допуски настройки границ управления. Это можно учесть, принимая температуру включения нагревателя ниже нижней границы на величину допуска, а температуру отключения выше на величину допуска. Что даёт «худшую» оценку, т. е. более продолжительное включенное состояние электронагревателя.

2. Как правило отсутствует возможность постоянной и непрерывной передачи телеметрической информации (ТМИ) с борта орбитальной станции. Перерывы в информации могут привести в существенным ошибкам в оценке состояния электронагревателей. Данную проблему предлагается парировать следующим образом. Внешними источниками тепла являются Солнце и Земля. Внутренними - бортовые системы и экипаж (для пилотируемых станций). Поступление энергии от Солнца зависит от угла β (угла солнечного вектора к плоскости орбиты орбитальной станции). Кроме этого, орбитальная станция периодически входит в тень Земли (продолжительность которой зависит от угла β). Таким образом, изменения количества тепла, поступающего от Солнца и Земли, имеют строго периодический характер. Также строго периодически изменяются направления векторов от Солнца и Земли на орбитальную станцию (обогреваемые стороны модуля). Численность экипажа станции также остаётся постоянной в течение продолжительных отрезков времени, поэтому кратковременные изменения тепловыделения от изменения численности экипажа тоже не учитываются. Интегральная оценка внутреннего тепловыделения от бортовых систем выполняется на основании телеметрических данных о среднем суммарном токопотреблении орбитальной станции (допущение, что вся электрическая энергия превращается в тепловую). На рисунке 2 приведены для примера графики изменений угла β и суммарного тока действующей орбитальной станции. На этом же рисунке даны графики изменений данных от двух пар телеметрических датчиков температур. Пары расположены на противоположных сторонах корпуса модуля. При этом при стандартной ориентации орбитальной станции при положительном угле β Солнце находится слева от станции (датчики T1 и T2), при отрицательном - справа (T3 и T4

соответственно). Из рисунка видно существенное влияние на изменения температур угла β , и практически отсутствие влияния суммарного тока. Объясняется это тем, что ток, как видно из рисунка 2, практически постоянно остаётся в пределах $125 \div 175$ А, и добавляет температурам некоторое постоянное смещение вверх.

Такие влияния угла β и тока позволяют выделить периодические и постоянные составляющие в графиках изменения температур. И далее дополнить недостающие значения, исходя из периодичности процесса. Кроме того, можно уточнить данные в определённые моменты времени, используя ТМИ, полученную в другие моменты времени, но при аналогичных углах β и суммарном токе.

Анализ архивной ТМИ, начиная с момента времени включения нагревателей после стыковки модуля, и расчет суммарных продолжительностей работы каждого нагревателя с использованием указанного метода восстановления данных позволил в условиях лётной эксплуатации подтвердить и уточнить среднюю за виток потребляемую мощность электронагревателей. В техническом описании на СОТР данного модуля указано, что данная величина составляет максимум 300 Вт за виток, приведённый метод косвенной оценки дал результат от 270 до 280 Вт.

Список используемых источников:

1. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979. 448 с.
2. Загоруйко Н. Г., Ёлкина В. Н., Лбов Г. С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985. 110 с.
3. R. J. Little, D. B. Rubin. Statistical analysis with missing data. New York, Wiley, 1987. 430 p.
4. Россиев А. А. Итерационное моделирование неполных данных с помощью многообразий малой размерности: диссертация кандидата физико-математических наук: 05.13.16. Красноярск, 2000 г. 121 с.

Создание тепловой модели и тепловой расчет радиатора космического корабля на основе тепловых труб для определения его хладопроизводительности и эффективности

Юрловский Е.А.

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

МАИ, РКК «Энергия», Москва

Программное моделирование и расчет радиатора космического корабля проводился для определения значения хладопроизводительности и оценки эффективности новой конструкции радиатора на основе тепловых труб для подтверждения достаточности выбранных проектных параметров.

Моделирование конструкции радиатора проводилось в программном комплексе Thermal Desktop v. 5.5. Модель радиатора состоит из следующих подмоделей:

- корпус радиатора;
- гидроконтур;
- вырезы в корпусе радиатора;
- солнечные батареи.

Подмодель корпуса представляет собой две поверхности конической и цилиндрической формы, размеры которых соответствуют обечайкам радиатора. Каждая поверхность подмодели радиатора была разбита на узлы в соответствии с расположением проложенных по корпусу радиатора тепловых труб. Каждой поверхности были заданы оптические и теплофизические свойства в соответствии с выбранными для конструкции материалами. Причем оптические свойства задавались в двух вариантах для начала и конца эксплуатации, для учета их деградации в условиях космического полета.

Подмодель гидроконтура представляет собой набор узлов и связей между ними, предназначенных для моделирования теплопередающих элементов, течения теплоносителя и связей между гидроконтуром и тепловыми трубами.

Подмодель вырезов в корпусе радиатора представляет собой множество геометрических поверхностей, предназначенных для имитации технологических и конструктивных вырезов в корпусе радиатора. Данные поверхности исключены из расчета тепловых потоков и также исключают возможность теплового излучения с поверхности радиатора, которые они предназначены перекрывать.

Подмодель солнечных батарей представляет собой две поверхности и предназначена для учета переизлучения от поверхности солнечных батарей при проведении расчета падающей поверхности радиатора тепловых потоков.

Расчет производился в динамической постановке на протяжении одного витка по орбите Земли. Было создано несколько расчетных случаев, учитывающих различия наклона орбиты и температур теплоносителя на входе в гидроконтур радиатора.

Список используемых источников:

1. Басов А.А. Прохоров Ю.М., Сургучев О.В. Радиаторы на тепловых трубах в системах терморегулирования космических аппаратов // Известия РАН. Энергетика – 2011 – №3 – С. 37-41.

Секция №5.3 Информатизация организаций аэрокосмической отрасли

Алгоритмическое обеспечение работы вычислителя комплексной системы кондиционирования воздуха

Артамонов М.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Терентьев М.Н.

МАИ, ОКБ Сухого, Москва

На существующем ВС SSJ-100 (RRJ-95) установлена КСКВ импортного производства, в том числе с импортными вычислителями. Актуальной задачей для нового импортозамещенного самолета SSJ-NEW (RRJ-95NEW-100) является создание аналогичных систем отечественного производства.

В работе основной целью является создание алгоритмического обеспечения импортозамещенного вычислителя КСКВ. Для выполнения данной цели необходимо решить несколько задач:

- исследование старого вычислителя;
- изучение алгоритмов работы старого вычислителя;
- разработка алгоритмов работы для нового вычислителя;
- выдача полученных данных смежному предприятию для разработки ПО;
- тестирование ПО и доработка алгоритмов в ходе испытаний на стенде и на самолете.

Логика должна включать в себя все особенности взаимодействия со смежными системами. Несмотря на то, что новый самолет фактически является копией старого, но с отечественными комплектующими, у него присутствуют некоторые конструктивные изменения, обусловленные отличающимися характеристикам некоторых агрегатов.

Также в рамках задачи необходимо предусмотреть возможность установки новых вычислителей на старый самолет, соответственно, необходимо логика в ПО должна учитывать 2 типа самолета.

После получения нового вычислителя с разработанным ПО, он должен будет пройти программу испытаний, в первую очередь в составе стенда.

На стенде «Электронная птица» SSJ-NEW реализована концепция построения имитационной среды, похожая на концепцию интегрированной модульной авионики современных самолетов. Один из важных моментов – это проверка отказных ситуаций. Далеко не все из них можно выполнить в ходе летных испытаний. Имитационный стенд – это единственное место, где такие ситуации могут быть отработаны эффективно и безопасно. Математические модели самолета, его систем и внешней среды позволяют это сделать.

После «Электронной птицы» – отработка систем непосредственно на самолете. Сначала – на земле, затем в воздухе. Промежуточных этапов между этим стендом и реальным самолетом – нет. Более того, на стенде «Электронная птица» будет проводится значительная часть сертификационных испытаний

Список используемых источников:

1. Квалификационные требования часть 178в, 2002. — 99 с.
2. Ермаков А.А, Тихонова С В., Цифровая трансформация в авиационной индустрии // Московский экономический журнал №1 2023 – с. 295-304.
3. Чичиндаев, А. В. Современные системы кондиционирования воздуха / А. В. Чичиндаев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 80 с.

Использование технологий искусственного интеллекта для улучшения процесса формирования SQL-запросов

Безверхий М.А., Селиванов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кондрашов Ю.Н.

МАИ, Москва

С развитием информационных технологий и стремительным ростом объёмов данных всё более актуальным становится вопрос ускорения разработки SQL-запросов. Современные инструменты, такие как автодополнение и проверка синтаксиса, помогают лишь частично, поскольку не учитывают в полной мере архитектуру конкретных баз данных, сложные взаимосвязи между таблицами и контекст использования. Как результат, аналитики и разработчики тратят много времени на ручную корректировку запросов, особенно если база данных содержит десятки или даже сотни таблиц.

Основная трудность заключается в том, что малейшие неточности в синтаксисе или логике ведут к ошибкам при выполнении запросов, а их исправление требует дополнительных усилий. Кроме того, повышенные требования к скорости обработки данных усложняют задачу оперативного доступа к аналитической информации. В условиях растущей конкуренции и технологического прогресса компании не могут позволить себе долгие задержки при формировании управленческой отчётности, поскольку это напрямую влияет на принятие решений и эффективность бизнес-процессов.

Чтобы решить эту проблему, в работе предлагается использовать методы искусственного интеллекта (ИИ), позволяющие автоматизировать процесс формирования SQL-запросов. Система на базе ИИ способна анализировать текстовые описания на естественном языке, сопоставляя их со схемой базы данных и извлекая ключевые параметры для корректной генерации SQL-кода. Такой подход значительно сокращает время, необходимое для разработки и тестирования запросов, а также снижает риск логических ошибок, связанных с человеческим фактором.

Особое внимание уделяется учёту контекста, ведь разные отделы внутри одной организации могут использовать различные методики анализа и иметь собственные требования к данным. Методы обработки естественного языка (NLP) помогают системе формировать запросы, оптимизированные под конкретные бизнес-процессы и потребности пользователей. При этом внедрение стандарта взаимодействия с ИИ обеспечивает постоянное обучение системы на основе новых запросов, что позволяет динамически корректировать результаты и поддерживать актуальность генерируемого кода.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в создании SQL-запросов даёт возможность существенно повысить производительность труда специалистов, сократить вероятность ошибок и обеспечить более гибкое управление данными. В долгосрочной перспективе подобные решения могут стать фундаментом для комплексных платформ бизнес-аналитики, где формирование SQL-запросов будет полностью автоматизировано с учётом структуры базы данных, логики бизнес-процессов и требований информационной безопасности. Благодаря этому организации смогут эффективнее использовать свои ресурсы, быстрее адаптироваться к изменениям рынка и принимать более взвешенные решения на основе оперативных данных.

Список используемых источников:

1. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх. — Москва: Нолидж, 2003 — 400 с.
2. Хомоненко А. Д., Ценганов М. В., Мальцев М. Г. Базы данных: учебник для высших заведений. — СПб.: Корона-Принт, 2004.

Методы кодирования псевдобулевых ограничений для SAT-алгоритмов

Бережной А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Махорин А.О.

МАИ, Москва

Анализируется задача эффективного кодирования псевдобулевых (Pseudo-Boolean, PB) ограничений в КНФ-формулы (Конъюнктивная нормальная форма) таким образом, чтобы SAT-алгоритмы (Boolean Satisfiability Problem, задача выполнимости булевых формул) могли сохранять генерализованную дуговую согласованность (Generalized Arc Consistency, GAC) через единичное распространение (Unit Propagation, UP) [4].

Существующие методы кодирования PB-ограничений в SAT либо требуют экспоненциального количества переменных и клауз, либо не позволяют SAT-алгоритмам эффективно проводить логический вывод через UP, что ограничивает их практическую применимость [1].

Разработан новый метод полиномиальной кодировки PB-ограничений в SAT, который позволяет избежать экспоненциального роста формулы и при этом сохраняет ключевые логические зависимости, что делает SAT-алгоритмы более эффективными при работе с такого рода ограничениями [2,3].

Рассмотрены и проанализированы ранее предложенные методы кодирования PB-ограничений, включая бинарные сумматоры, сортировочные сети, бинарные решающие диаграммы (Binary Decision Diagram, BDD) и стандартные PB-кодировки. Выявлены их недостатки, связанные с недостаточной поддержкой логического вывода и увеличением размера формулы.

Введены два типа кодировки:

Глобальная полиномиальная кодировка с наблюдателем (Global Polynomial Watchdog, GPW) – компактный метод, предназначенный для быстрого выявления нарушений ограничений, который минимизирует число вспомогательных переменных и клауз [1].

Локальная полиномиальная кодировка с наблюдателем (Local Polynomial Watchdog, LPW) – более сложный метод, который дополнительно обеспечивает поддержку GAC через UP, позволяя SAT-алгоритмам делать логические выводы и автоматически фиксировать значения переменных.

Предложенный метод основан на представлении коэффициентов PB-ограничений в двоичной системе, использовании унарного представления для сложения значений, а также на введении булевых переменных-наблюдателей, которые помогают SAT-алгоритмам эффективно распространять выводимые значения.

Разработан алгоритм построения кодировки, который позволяет SAT-алгоритму не только выявлять противоречия, но и автоматически определять допустимые и недопустимые значения переменных, что сокращает пространство поиска решений.

Проведены численные эксперименты на различных классах задач, включая одномерную упаковку объектов (Bin Packing), случайно сгенерированные PB-задачи и специально подобранные сложные примеры.

Экспериментальные результаты показали, что предложенные кодировки позволяют SAT-алгоритмам решать задачи быстрее, чем традиционные PB-решатели, за счёт лучшего использования механизма UP и логического вывода [1].

Глобальная кодировка GPW продемонстрировала наилучшие результаты по скорости работы благодаря меньшему числу вспомогательных переменных и клауз, что делает её полезной для задач, где важно быстрое обнаружение противоречий [3].

Локальная кодировка LPW, хотя и требует большего количества переменных, обеспечила лучшую поддержку логического вывода, позволяя SAT-алгоритмам автоматически выявлять недопустимые значения переменных и сокращать размер пространства поиска решений [4].

Несмотря на значительное уменьшение размера формулы по сравнению с традиционными PB-кодировками, предложенные методы могут быть дополнительно оптимизированы за счёт повторного использования подформул внутри одного ограничения и между разными ограничениями [2].

В перспективе планируется дальнейшая оптимизация структуры формулы, включая разработку стратегий уменьшения количества вспомогательных переменных, применение адаптивных методов группировки коэффициентов РВ-ограничений и использование гибридных стратегий кодирования в зависимости от структуры конкретного ограничения.

Полученные результаты подтверждают, что SAT-алгоритмы могут быть эффективным инструментом для решения задач с псевдоболевыми ограничениями, если используется правильная стратегия кодирования, позволяющая SAT-алгоритмам эффективно применять УР и делать выводы без избыточного увеличения размера формулы.

Разработанный метод может быть применён к более сложным классам задач дискретной оптимизации, включая планирование, анализ выполнимости ограничений в системах с ограниченными ресурсами, автоматическую верификацию и задачи логического программирования.

Список используемых источников:

1. Bailleux, O., Bouffkhad, Y., & Roussel, O. A Translation of Pseudo Boolean Constraints to SAT // Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation, 2006, Vol. 2, pp. 191–200.
2. Eén, N., & Sörensson, N. Translating Pseudo-Boolean Constraints into SAT // Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation, 2006, Vol. 2, pp. 1–26.
3. Sinz, C. Towards an Optimal CNF Encoding of Boolean Cardinality Constraints // 11th Int. Conf. on Principles and Practice of Constraint Programming, CP 2005, pp. 827–831.
4. Bacchus, F. GAC via Unit Propagation // 9th Int. Conf. on Principles and Practice of Constraint Programming, CP 2003, pp. 133–147.

Организация производства крупногабаритных стеклокомпозитных изделий в мобильных помещениях в целях обеспечения нужд ракетно-космического комплекса

Ванчурин М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, АО «Спортивный комплект «Олимпийский», Москва

Государственной программой, утвержденной Правительством Российской Федерации, поставлена стратегическая задача по формированию полноценной инфраструктуры, включая промышленные предприятия и обеспечение локализации в Российской Федерации инновационных производств [1].

Одним из востребованных на рынке материалов является стеклокомпозит, который находит широкое применение в различных отраслях, включая ракетно-космический комплекс, строительство, транспорт, энергетику и др. Стеклокомпозит обладает рядом преимуществ такими, как высокая прочность, легкость, устойчивость к коррозии и долговечность [2, 4], что делает его привлекательными для использования в различных областях. Так, композитные материалы демонстрируют значительный потенциал для применения в разработке и развертывании крупногабаритных конструкций в космическом пространстве.

В свою очередь Патрушевым Н.П. было отмечено стремительное развитие мировой композитной промышленности, появление новых рынков сбыта, заинтересованных в использовании таких материалов. Согласно маркетинговому исследованию в 2023 году российскими предприятиями было выпущено более 118 тонн стекловолокна.

Однако одной из ключевых проблем, сохраняющихся в промышленной индустрии, остаётся транспортировка готовых стеклокомпозитных изделий больших размеров к месту востребования. Высокая стоимость логистики и сложность манипуляций с крупногабаритными конструкциями зачастую делают процесс доставки нерентабельным, технически сложным и, в некоторых случаях, невозможным. Решением данной проблемы может стать организация мобильного производства таких изделий на базе надувных модульных ангаров прямо на объекте заказчика или вблизи него.

Быстрозводимые мобильные пневмоангары представляют собой революционное решение для организации производства крупногабаритных стеклокомпозитных изделий. Их

мобильность позволяет быстро перемещать производство в те регионы, где наблюдается наибольший спрос на такие материалы и изделия. Особенную актуальность применение данного вида быстровозводимого производства, в том числе для воздушно-космических сил Российской Федерации, имеет на новых территориях Российской Федерации, присоединённых 30 сентября 2023 года. Объемы же таких производственных сооружений могут достигать более 1500 м³, а их эксплуатация возможна при перепаде температур от –60 до +70 градусов [3].

Внутреннее пространство пневматического ангара может быть эффективно задействовано производственными мощностями благодаря отсутствию промежуточных опорных элементов и колонн, что обеспечивает свободную планировку. Конструкция ангара обладает высокой степенью герметичности и энергетической эффективности, что позволяет соблюдать необходимые температурные режимы при изготовлении стеклокомпозитных изделий.

Монтаж пневмоангара может производиться небольшим количеством людей в очень короткие сроки без применения сложного оборудования и механизмов.

Техническая сущность производства в таких сооружениях заключается, прежде всего, в возможности эффективной реализации всех стадий технологического процесса. При этом информационные технологии играют ключевую роль в оптимизации производственных процессов в мобильных помещениях. Внедрение систем автоматизации и управления позволяет обеспечить точное соблюдение технологических режимов на всех этапах производства, начиная с подготовки форм и пропитки волокна, заканчивая термообработкой и финишными операциями. Использование датчиков и систем мониторинга в реальном времени позволяет контролировать параметры производственной среды такие как: температура, влажность и качество воздуха, что способствует поддержанию высокого качества конечной продукции.

При этом организация такого мобильного производства позволяет осуществлять моментальную отгрузку изделий заказчику, тем самым минимизируя такие производственные потери как: дополнительное ожидание и транспортировка.

Таким образом, организация производства крупногабаритных стеклокомпозитных изделий в мобильных ангарах имеет ряд значительных преимуществ и требует моделирования с применением информационных технологий с учетом требований технологического процесса. В целях достижения необходимого качества изделий и удовлетворения потребностей заказчиков.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства РФ «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» от 15.04.2014 № 328 // Официальный сайт Правительства Российской Федерации URL: <http://government.ru/rugovclassifier/862/events/> (дата обращения: 07.02.2025).
2. Федоров И. П. Стеклопластик: технические преимущества и применение в различных отраслях // Научный лидер. – 2023. – №27. – С. 125.
3. Шепелев В.В. Пневмоангар как быстровозводимое сооружение // Technical science. – 2020. – №2 (54). – С. 46-48.
4. Bjanesoy, S.; Heinonen, J.; Ögmundarson, O.; Arnadottir, A.; Marteinson, B. Fiberglass Fiberglass as a Novel Building Material: A Life Cycle Assessment of a Pilot House // MDPI. – 2022. – №2. – С. 690-710.

Перспективы применения нейронных сетей в составе изделий ракетно-космической техники

Верещагин К.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тушавина О.В.

МАИ, Москва

Современная ракетно-космическая техника находится на пороге новой эры, где традиционные методы проектирования, управления и анализа данных уступают место инновационным технологиям искусственного интеллекта. Нейронные сети, как один из ключевых инструментов машинного обучения, открывают широкие перспективы для повышения эффективности, надежности и автономности космических систем. Их способность обрабатывать большие объемы данных, находить сложные закономерности и принимать решения в реальном времени делает их незаменимыми в условиях, где каждая ошибка может иметь катастрофические последствия.

Применение нейронных сетей в ракетно-космической отрасли охватывает множество направлений: от автономного управления и навигации до оптимизации проектирования и прогнозирования состояния систем. Они позволяют создавать интеллектуальные системы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям, минимизировать риски и повышать эффективность миссий. В условиях, где связь с Землей ограничена, а задачи становятся все более сложными, нейронные сети становятся ключевым элементом для достижения новых высот в освоении космоса.

В данной работе рассматриваются основные перспективы применения нейронных сетей в ракетно-космической техники, включая их роль в автономном управлении, обработке данных, оптимизации ресурсов и создании интеллектуальных систем. Эти технологии не только открывают новые возможности для исследования космоса, но и способствуют снижению затрат и повышению безопасности, что делает их важным инструментом для будущего космической отрасли.

Список используемых источников:

1. Сердюков, В.И. Повышение безотказной работы изделий с использованием элементов искусственного интеллекта / В.И. Сердюков, Н.А. Сердюкова, С.И. Шишкина // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: машиностроение. 2017. №1 (112). С. 56-64.

2. Аналитический обзор современных образцов ракетной техники с целью обоснования технических требований к перспективной навигационной системе / М.Б. Данилов, М.Б. Богданов, Савельев.; Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. Вып. 2. 256 с.

Модель распределения мест стоянок для прибывающих и вылетающих воздушных судов на аэродроме

Гончаренко Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Махорин А.О.

МАИ, Москва

В условиях роста интенсивности воздушного движения и увеличения количества рейсов эффективное управление аэродромной инфраструктурой становится критически важным. Ежедневно крупные аэродромы обслуживают сотни воздушных судов (ВС), каждому из которых требуется выделить место стоянки (МС) с учетом технических, временных и логистических ограничений. Строительство новых МС связано со значительными финансовыми и временными затратами, поэтому оптимизация использования существующих ресурсов — ключевое направление для повышения пропускной способности аэродромов без капитальных вложений.

Помимо базового назначения МС для ВС, решение задачи требует учета множества ограничений и специфических условий. Ключевым аспектом является оптимизация временных интервалов между использованием МС, что позволяет минимизировать риски накладок и задержек. Важным фактором также является классификация типов ВС, поскольку их технические характеристики определяют требования к МС. Например, крупногабаритные

широкофюзеляжные самолеты нуждаются в специализированных стоянках, оборудованных соответствующими инфраструктурными элементами, в то время как для небольших региональных воздушных судов достаточно стандартных МС. Дополнительно необходимо учитывать логистические аспекты обслуживания ВС, включая такие процессы, как заправка топливом, погрузка багажа и пассажиров, а также проведение технического обслуживания. Эти факторы оказывают значительное влияние на эффективность использования МС и требуют интеграции в общую систему планирования. Таким образом, задача предполагает комплексный подход, учитывающий, как технические, так и операционные аспекты функционирования аэропортовой инфраструктуры.

В качестве входных параметров, необходимых для назначения МС, используются данные о рейсах, включающие временные интервалы прибытия и отправления, регистрационные номера ВС, назначенные взлетно-посадочные полосы и другие релевантные характеристики. Для решения задачи оптимизации распределения МС были применены три метода: генетический алгоритм, метод имитации отжига и метод пчелиного роя. Каждый из этих алгоритмов был адаптирован к специфике поставленной задачи, что позволило выявить их уникальные преимущества и ограничения.

Генетический алгоритм, основанный на принципах естественного отбора и эволюции, пытается найти оптимальное решение для всех рейсов одновременно. Этот метод хорошо справляется с задачами, где требуется глобальная оптимизация, однако его эффективность снижается при увеличении количества рейсов и сложности входных данных. В случае обширного количества рейсов генетический алгоритм может требовать значительных вычислительных ресурсов и времени для нахождения оптимального решения. Метод имитации отжига, вдохновленный процессом термообработки металлов, предполагает постепенное улучшение решения путем случайных изменений. Этот метод хорошо подходит для задач, где требуется локальная оптимизация, и позволяет избежать застревания в локальных минимумах. Однако его эффективность во многом зависит от выбора начальных параметров, таких как начальная температура и скорость охлаждения. Метод пчелиного роя, основанный на поведении пчел в поиске пищи, предполагает поиск оптимального решения путем взаимодействия множества агентов. Этот метод хорошо справляется с задачами, где требуется быстрое нахождение приемлемого решения, однако его результаты могут быть менее точными по сравнению с другими методами.

Данная работа используется для создания расписания, которое генерируется случайным образом, которые применяются в различных исследованиях и имитационных моделированиях. Такие моделирования позволяют оценить эффективность предложенных методов оптимизации и выявить возможные узкие места в работе аэродрома. Кроме того, результаты данной работы могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению инфраструктуры аэродрома.

В заключение можно сказать, что задача оптимизации распределения МС для прибывающих и вылетающих ВС является сложной и многогранной, требующей учета множества факторов и ограничений. Решение этой задачи требует применения современных методов оптимизации и анализа больших объемов данных. Результаты данной работы могут быть использованы для повышения эффективности работы аэродромов и улучшения качества обслуживания пассажиров.

Список используемых источников:

1. EUROCONTROL Forecast Update 2024-2030[Электронный ресурс]: EUROCONTROL – URL: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-forecast-2024-2030>.
2. Метаэвристические стратегии и алгоритмы глобальной оптимизации – Пантелеев А. В., Скавинская Д. В. – Москва : Факториал, 2023Библиогр.: с. 544-555 (201 назв.).
3. Вересов К.А., Егоркина А.В. Метод оптимизации расстановки воздушных судов по местам стоянок на поверхности аэродрома в составе комплексного исследовательского стенда // Труды ГосНИИАС: Вопросы авионики, 2018, №2, с. 54-63.
4. Генетические алгоритмы— Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 320 с. : ил.

Перспективы использования отечественных спутниковых группировок связи для управления беспилотными авиационными системами

Гусева Н.А.

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

АО «СС «Гонец», Москва

С развитием беспилотных транспортных систем и увеличением их применения в различных сферах возникает необходимость в создании надежной и эффективной системы управления и мониторинга.

Особое внимание уделяется развитию беспилотных авиационных систем (БАС). Растущий запрос на экономическую эффективность авиации требует уменьшения доли участия человека в управлении воздушным судном и увеличения уровня автоматизации и цифровизации воздушных судов. Благодаря реализации национального проекта «Беспилотные авиационные системы» возросли спрос на отечественные БАС и их применение в коммерческих целях.

Другой особенностью повышенного спроса стало развитие рынка услуг и сервисов для БАС. Из разных сегментов рынка можно выделить следующие приоритетные направления спроса:

Сельское хозяйство: использование БАС для мониторинга посевов, анализа здоровья растений. Это позволяет оптимизировать процесс полива и внесения удобрений и увеличить урожайность.

Строительство: применение дронов для мониторинга строительных площадок и создания 3D-моделей строящихся объектов, что помогает сократить время на оценку прогресса строительства и перераспределить ресурсы.

Логистика: использование БАС для доставки товаров, что повышает доступность медицинских услуг и значительно сокращает время доставки.

Безопасность: использование дронов для патрулирования, мониторинга территорий и наблюдения за большими объектами, такими как склады и промышленные зоны, позволяет повысить уровень безопасности и защищенности объектов.

Для реализации эффективного применения БАС необходимо наладить передачу координатной, телеметрической, технической информации в автоматическом и ручном режиме с датчиков, установленных на объектах транспортной инфраструктуры и подвижных транспортных систем, в том числе с использованием абонентского оборудования. Также необходимо наладить сервис, который позволяет отслеживать местонахождение подвижных объектов с помощью навигационных устройств. Беспилотные системы могут работать в удаленных или труднодоступных регионах, поэтому наиболее эффективно получать координаты с помощью спутниковой связи, которая предоставляет глобальное покрытие.

В рамках Проектно-образовательного интенсива «Архипелаг 2024» был проведен эксперимент по мониторингу и управлению БАС «Геоскан 201» через спутниковую систему «Гонец». Главная цель эксперимента – подтвердить возможность использования системы спутниковой связи «Гонец» для мониторинга и управления БАС в рамках концепции «Бесшовное цифровое небо». Эксперимент проходил с 13 по 16 июля 2024 года в районе аэродрома «Пушистый» Корсаковского района Сахалинской области.

Был реализован функционал передачи команд о корректировке параметров полета с помощью защищенного канала, функционал приема данных о параметрах полета и телеметрии. Пилот БПЛА формировал команды управления и отправлял их через FTP сервер Гонца. Команды были сформированы с разным приоритетом для оценки задержки передачи в зависимости от приоритета. Было совершено 6 полетов, всего было передано 218 информационных сообщений с телеметрией и 3 информационных сообщения с командами управления в полете. Объем переданных данных с телеметрией составил 62,3 кбайт, объем переданных данных с командами в полёте – 270 байт, минимальная задержка на передачу данных телеметрии составила 3 минуты, задержка на передачу команд управления – 9 минут.

Вся запланированная программа передачи данных и управляющих воздействий выполнена успешно. Таким образом, подтверждена возможность передачи команд управления на БПЛА через систему спутниковой связи «Гонец».

Таким образом, использование спутниковой связи является ключевым элементом для построения эффективного управления сервисами БПЛА. С учетом глобального покрытия, высокой пропускной способности и устойчивого функционирования сети связи, спутниковая связь открывает новые горизонты для развития беспилотных технологий. В будущем, с развитием технологий, следует ожидать еще более широкого применения БАС в различных сферах, что приведет к трансформации подходов к управлению воздушным движением.

Список используемых источников:

1. Боев Н.М. «Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотными летательными аппаратами». Красноярск. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. Вып. 2(42), 2012. С. 86-91.

2. Васильев В.В., Потюпкин А.Ю. Особенности оценивания состояния сложных систем. Москва. ВА РВСН. 2005. 255 с.

3. Технический отчет о проведении эксперимента по мониторингу и управлению БАС Геоскан 201 через спутниковую систему «Гонец» в рамках исследований «Архипелаг 2024». Москва. 2024. 12 с.

Цифровизация управления качеством в аэрокосмической отрасли с использованием цифровых двойников

Затонский И.В.

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

МАИ, ООО «Оценка и Контроль», Москва

В настоящее время большее значение приобретает внедрение цифровых технологий в процессы управления качеством на всех этапах жизненного цикла аэрокосмических систем — от проектирования до эксплуатации. Цифровизация управления качеством в аэрокосмической отрасли становится важным фактором повышения эффективности, безопасности и конкурентоспособности. Одним из наиболее перспективных инструментов в этой области являются цифровые двойники (ЦД), которые представляют собой виртуальные копии физических систем [1]. Они позволяют моделировать, анализировать и оптимизировать процессы в режиме реального времени. Цифровые двойники устраняют разрыв между виртуальными моделями и физической реальностью и тем самым обеспечивают более точное прогнозирование и контроль качества на всех этапах жизненного цикла продукции.

Цифровые двойники — это технологии, объединяющие возможности облачных систем хранения данных, интернета вещей и алгоритмов машинного обучения. Их массовое внедрение стало возможным благодаря двум факторам: улучшению защиты информации и снижению затрат на её хранение и передачу. Если с безопасностью ещё есть задачи для совершенствования, то сокращение расходов во многом обеспечивает развитие периферийной аналитики (Edge Analytics). Цифровые двойники могут применяться к чему угодно: от отдельных деталей станков до целых предприятий. Их ключевая функция — упрощать сбор данных через Edge Analytics, анализировать их с учётом исторических и текущих показателей, а затем автоматически принимать решения: как стратегические (долгосрочные), так и оперативные (мгновенные).

Цифровые двойники играют важную роль в управлении качеством, предоставляя инструменты для раннего выявления и устранения потенциальных проблем. Они позволяют создавать виртуальные модели, которые точно отражают поведение физических систем, что делает их незаменимыми для проверки и валидации на этапах проектирования и разработки. Это особенно важно в аэрокосмической отрасли, где ошибки могут привести к катастрофическим последствиям.

Использование цифровых двойников для ранней валидации требований мехатронных систем позволяет сократить время разработки на 30-40% и повысить точность

моделирования. Это достигается за счёт интеграции моделей, созданных в рамках методологии Model-Based Systems Engineering (MBSE), с цифровыми двойниками, что обеспечивает более точное прогнозирование поведения системы на ранних этапах проектирования.

Цифровые двойники активно используются для повышения эксплуатационной эффективности и безопасности в авиационной сфере. Они объединяют различные компоненты моделирования, такие как симуляторы транспортных средств и эмуляторы управления воздушным движением, для создания целостного представления об авиационной среде. Это позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени и принимать решения, сокращая затраты, время и риски, связанные с разработкой новых процедур и технологий.

Интеграция цифровых двойников с системами управления жизненным циклом продукции (PLM) в авиации ускоряет процессы разработки продукции и снижает затраты. Цифровые двойники делятся на категории в зависимости от этапов проектирования, производства и эксплуатации, каждый из которых влияет на различные стадии жизненного цикла продукции, тем самым повышая общую эффективность разработки продукции [2].

Несмотря на значительные преимущества цифровых двойников, их внедрение в аэрокосмической отрасли связано с рядом вызовов. Одной из основных проблем является обеспечение точной интеграции данных. Цифровые двойники требуют большого количества данных от различных источников, включая датчики, системы управления и базы данных. Обеспечение точности и согласованности этих данных является сложной задачей, особенно в условиях, когда данные могут поступать из различных систем и форматов.

Ещё одной проблемой является управление сложностью моделирования. Цифровые двойники часто включают в себя множество компонентов и подсистем, что делает их моделирование и анализ сложным и ресурсоёмким процессом.

Цифровые двойники представляют собой мощный инструмент для цифровизации управления качеством в аэрокосмической отрасли. Они позволяют создавать виртуальные копии физических систем, что обеспечивает более точное моделирование, анализ и контроль качества на всех этапах жизненного цикла продукции. Это открывает новые возможности для повышения эксплуатационной эффективности, безопасности и надёжности аэрокосмических систем. Наибольший потенциал внедрения цифровых двойников наблюдается в отраслях с высокой ресурсоемкостью: промышленное производство, аэрокосмическая отрасль. Однако масштабирование данной технологии требует решения ключевых проблем, связанных с обеспечением информационной безопасности. Разработка стандартизированных требований к защите данных цифровых двойников представляет собой стратегически важную задачу для научного сообщества и бизнеса, поскольку от этого напрямую зависит их надёжность, функциональность и экономическая эффективность.

Список используемых источников:

1. Васильев В. А., Александрова С. В. Управление качеством на основе цифровых технологий. — Научноёмкие технологии в машиностроении, Том 2022 № 9 (135), 2022. — с. 18–25.
2. Demircan, I., Cehiz, Z. Y. Evaluation of product lifecycle management and digital twin integration in aviation field. — Open Access Research Journal of Engineering and Technology, 07 (02), 2024 — p. 60–69.

Перспективные сервисы спутниковой связи на базе орбитальной группировки «Марафон-IoT»

Зацепин М.Г.

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

АО «СС «Гонец», Москва

В рамках реализации федерального проекта «СФЕРА» АО «Спутниковая система «Гонец», являющаяся на сегодняшний день единым оператором ГК «Роскосмос» по системам связи, вещания и ретрансляции, проводит исследования, направленные на формирование облика будущего оператора перспективных спутниковых группировок связи.

В частности, ведется разработка портфеля инновационных услуг и сервисов на основе орбитальной группировки (ОГ) космических аппаратов (КА) «Марафон-IoT».

Многоспутниковая система передачи данных (МСПД) «Марафон IoT» представляет собой глобальную низкоорбитальную систему, предназначенную для предоставления сервисов интернета вещей (IoT). Ее функционирование обеспечивается распределенной сетевой инфраструктурой, включающей региональные станции сопряжения (РСС), которые взаимодействуют с ОГ КА «Марафон IoT» по фидерным радиoliniиям и поддерживают прямую передачу данных между абонентскими устройствами и системой. К 2030 году планируется развернуть группировку из 264 КА массой 65 кг каждый на низких околоземных орбитах высотой 750 км, распределенных по 12 орбитальным плоскостям. Технические характеристики МСПД «Марафон IoT» предусматривают передачу информационных пакетов объемом до 50 Байт. Ожидается, что сокращение срока окупаемости ОГ будет достигаться, помимо прочего, за счет снижения капитальных затрат на наиболее ресурсоемких этапах создания ОГ [1]: производстве КА за счет конвейерной сборки и выведении благодаря одновременному запуску 44 КА одним носителем.

Сервисы МСПД «Марафон IoT» ориентированы на применение в следующих отраслях: добывающая промышленность и энергетика, транспортная логистика (включая Северный морской путь), лесное и сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, телемедицина и экологический мониторинг. Организация связи осуществляется по схеме: абонентское оборудование → КА → РСС → центральные станции сбора и анализа данных (ЦССА) → конечные интернет-пользователи. Радиоаппаратура абонентских терминалов обеспечивает прямое взаимодействие с КА, гарантируя глобальное покрытие.

Помимо разработки готового абонентского оборудования для различных отраслей, изучается возможность создания компактного модуля IoT с поддержкой стандартных интерфейсов (UART, RS485 и др.) на основе протокола LoRaWAN. Описываемый модуль позволит интегрировать существующие решения в области датчиковой аппаратуры для передачи данных по спутниковому каналу, что снизит стоимость изделий, расширит перечень каналов дистрибуции, уменьшит расходы оператора и позволит занять ему большую долю на рынке. Например, в сегменте добывающей промышленности применение интегрируемого модуля может увеличить количество объектов мониторинга с 4000–5000 до 10000–20000 по сравнению с использованием готовых терминалов.

Помимо рассмотренных, перспективной областью применения ОГ КА «Марафон IoT» является передача управляющих команд на беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Возможность реализации данного функционала подтверждена экспериментом, проведенным АО «СС «Гонец» совместно с компанией «Геоскан» [2]. В ходе испытаний успешно осуществлялась передача данных о местоположении и телеметрических данных с БПЛА в центр обработки данных спутниковой системы «Гонец», а также отправка команды через спутник для возвращения аппарата в точку старта.

Таким образом, ОГ КА «Марафон IoT» обладает потенциалом для создания широкого спектра IoT-сервисов, применимых в различных сферах социально-экономической деятельности, включая управление БПЛА. Ускорить внедрение этих сервисов можно за счет разработки интегрируемого модуля IoT, обеспечивающего совместимость с существующими техническими решениями.

Список используемых источников:

1. Тхаммадокова И.Х. Создание рыночных условий и коммерциализация спутниковых услуг в России: предпосылки и механизм реализации / И.Х. Тхаммадокова, М.В. Спасская, А.Н. Ивкин // «Экономика космоса». – 2024. – № 10. – С. 4-11. – DOI 10.48612/agat/space_economics/2024.03.10.01.

2. Официальный сайт АО «Спутниковая система «Гонец». URL: https://gonets.ru/rus/media/news/gonets_rasskazal_pro_vozmozhnosti_sputnikovoy_svyazi_dlya_bpla/ (дата обращения 23.02.2025).

Оценка расхода ресурса агрегата по неполным телеметрическим данным

Каленов П.Д.

РКК «ЭНЕРГИЯ», Королев

Ресурс агрегата в космонавтике в значительной степени определяет надёжность всей системы. При лётной эксплуатации обязательным требованием является ведение журнала учёта ресурсов. На подавляющее большинство агрегатов СОТР гарантированный ресурс задаётся по времени. В этом случае для подсчёта расхода ресурса требуется только информация о временах включения / отключения агрегата. РРЖ (регулятор расхода жидкости) предназначен для перенаправления потока теплоносителя между радиатором-теплообменником и байпасной магистралью в зависимости от установки управляющей температуры и для него ресурс задан количеством шагов шагового двигателя (ШД), используемого в приводе. Информация об импульсах, поступающих на обмотки ШД, передаётся в потоке ТМИ (телеметрической информации).

Однако, при подсчёте ресурса можно столкнуться с такими проблемами, как недостаточная полнота исходных данных. Данные о состоянии КА и его бортовых систем воспринимаются датчиками, установленными на борту. Эта информация преобразуется в коды, поступающие в БКАУ (бортовой комплекс автоматического управления) и ВК ЦУП (вычислительный комплекс центра управления полётами). В БКАУ она поступает по внутреннему интерфейсу, в ЦУП по радиотракту, на наземные станции слежения и далее по наземным кабельным и радиотрансляционным каналам связи либо через спутники связи [1]. Но ТМИ с борта космической станции не поступает постоянно, в связи с этим, точный подсчёт импульсов и шагов ШД по данным ТМИ невозможен. Для «восстановления» утраченной ТМИ можно использовать метод интерполяции. В виду использования большого объёма ТМИ за длительный промежуток времени, в качестве уравнения интерполяционного многочлена выбрана кусочно-линейная функция, включающая уравнения прямых, проходящих через две соседние точки имеющихся телеметрических данных [2]. Такое решение снижает точность полученных данных, но позволяет увеличить скорость вычислений.

Кроме импульсов ШД в потоке ТМИ поступает информация об угловом положении заслонки РРЖ и значение температуры управляющего датчика. На основании этих данных есть возможность установить зависимость между положением заслонки и температурой датчика. Далее необходимо определить периодические и аperiodические зависимости температуры от текущих баллистических условий и уровня тепловыделения на космической станции, основанного на оценке текущего суммарного токопотребления. Зависимости определяются в периоды времени поступления ТМИ с борта, собирается статистика за продолжительный период времени (сопоставимый с периодами изменения баллистической обстановки) для различных баллистических условий и текущего суммарного токопотребления [3, 4]. После восстановления данных о перемещении заслонки РРЖ выполнен пересчёт в шаги ШД в соответствии с документацией на РРЖ.

В настоящее время в процессе лётной эксплуатации подсчёт расхода ресурса РРЖ в шагах ШД заменяется подсчётом времени работы РРЖ, что даёт грубую (существенно отличающуюся от реальной) наработку. Предложенный метод косвенной оценки позволяет повысить точность расчёта, даже при принятых упрощениях алгоритма. Использование архива ТМИ за период полёта космической станции позволяет уточнить имеющуюся к настоящему времени реальную наработку РРЖ. Для точного результата подсчет наработки агрегата необходимо производить на борту, что поможет избежать потерь исходных данных.

Список используемых источников:

1. Соловьёв В. А., Лысенко Л. Н., Любинский В. Е. Управление космическими полётами: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 476 с.
2. Денисова Э. В., Кучер А. В. Краткий курс вычислительной математики: учебно-методическое пособие, СПб: СПбГУ ИТМО, 2013. 90 с. Стр. 76-77.
3. Вадних В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979. 448 с.

4. Загоруйка. Н. Г., Елкина В. Н., Лбов Г. С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985. 110 с.

Информационно-справочное приложение для агрегирования контента Telegram-каналов

Крупин К.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

Автоматизированная система для агрегирования и анализа контента Telegram-каналов позволяет пользователям эффективно находить, фильтровать и анализировать информацию из профильных Telegram-каналов, своевременно получая ценные сведения для принятия решений. Telegram-каналы охватывают широкий спектр тем и форматов контента, включая текстовые сообщения, изображения, видео, опросы и ссылки на внешние ресурсы. Это затрудняет создание универсальных инструментов для агрегирования. Правильная организация процесса агрегирования и учет различных нюансов может сделать такой агрегатор полезным и востребованным сервисом.

Прототип предлагаемого решения разработан на языке PHP [1] с использованием фреймворка Laravel [2], который обеспечивает удобные инструменты для веб-разработки. Основные компоненты системы включают в себя:

- модуль сбора данных, отвечающий за подключение к Telegram API и получение сообщений из заданных каналов;
- модуль обработки данных, который обрабатывает собранные данные, фильтрует их и генерирует отчеты;
- база данных, которая хранит собранные сообщения и структурированные данные для дальнейшего анализа;
- интерфейс пользователя, который обеспечивает взаимодействие пользователя с системой, позволяя выполнять поиск, фильтрацию и визуализацию данных.

Предлагаемая система агрегирования контента Telegram-каналов обеспечивает пользователям ряд мощных инструментов для работы с данными из Telegram. Вот ее основные функции:

- Автоматический сбор сообщений из Telegram-каналов. Система позволяет извлекать сообщения из заданных Telegram-каналов, после указания их идентификатора. Сбор данных осуществляется с помощью Telegram API, что гарантирует актуальность и полноту информации.
- Поддержка различных форматов сообщений, включая текстовые, изображения, видео и ссылки, что позволяет пользователям получать полное представление о содержании канала.

Система имеет потенциал для дальнейшего развития, включая: добавление поддержки нескольких Telegram-каналов, расширение функциональности для работы с несколькими источниками данных одновременно.

Список используемых источников:

1. PHP [Электронный ресурс] URL: <https://www.php.net/> (дата обращения 19.02.2025).
2. Laravel [Электронный ресурс] URL: <https://laravel.com/> (дата обращения 19.02.2025).
3. Telegram APIs [Электронный ресурс] URL: <https://core.telegram.org/> (дата обращения 19.02.2025).

Моделирование угроз безопасности информации в разрабатываемых системах умного дома

Лазарев Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Махорин А.О.

МАИ, Москва

Развитие технологий умного дома представляет собой одно из ключевых направлений цифровой трансформации современного общества. Интеллектуальные системы управления жилищем обеспечивают автоматизацию бытовых процессов, повышая комфорт,

энергоэффективность и безопасность проживания. Однако их интеграция приводит к усложнению архитектуры информационной инфраструктуры, что создает новые вызовы в обеспечении защиты данных. В условиях активного развития технологий кибератак возрастает вероятность компрометации таких систем, что требует тщательного анализа угроз и разработки эффективных мер защиты.

Системы умного дома становятся неотъемлемой частью жилых, корпоративных и промышленных объектов, однако их безопасность остается под угрозой. Высокая степень взаимосвязанности устройств, использование облачных сервисов и дистанционного управления увеличивает потенциальные риски кибератак. Основные угрозы связаны с недостаточной защитой программного обеспечения, сетевых соединений и механизмов аутентификации. Эти риски актуальны как для частных пользователей, так и для компаний, занимающихся внедрением IoT-решений, девелоперов жилых комплексов, а также промышленных предприятий, использующих умные технологии для автоматизации процессов.

Для минимизации угроз предлагается использование комплексного подхода к моделированию рисков, включающего некоторые аспекты, такие как:

- применение методологии ФСТЭК для анализа возможных векторов атак и формирования модели нарушителя;
- использование базы данных уязвимостей ФСТЭК (БДУ) для выявления слабых мест в компонентах системы;
- анализ по модели MITRE ATT&CK, позволяющий определить возможные тактики злоумышленников и разработать сценарии защиты;
- разработка мер защиты, включая усиление механизмов аутентификации, защиту каналов связи и регулярное обновление программного обеспечения.

Моделирование угроз позволяет выявить ключевые направления возможных атак и определить векторы, представляющие наибольшую опасность для систем умного дома. Сформировать представления о типичных сценариях эксплуатации уязвимостей, а также оценить потенциальные последствия нарушений информационной безопасности. Анализ покажет, что значительная часть угроз связана с недостаточной защищенностью механизмов доступа, отсутствием должного контроля за передаваемыми данными и рисками, возникающими в результате использования уязвимых компонентов.

Комплексный подход к моделированию позволяет выработать рекомендации по усилению защиты, среди которых меры по модернизации механизмов аутентификации, повышению устойчивости сетевых соединений и внедрению проактивных методов мониторинга потенциальных атак.

Результаты данного исследования могут быть полезны для разработчиков систем умного дома, специалистов по информационной безопасности, компаний, занимающихся интеграцией IoT-устройств, а также организаций, разрабатывающих нормативные требования к защите подобных технологий. Особенно актуальными полученные выводы являются для сфер жилищного строительства, промышленной автоматизации и корпоративной кибербезопасности.

Анализ угроз безопасности в разрабатываемых системах умного дома показывает, что защита таких систем требует не только базовых мер кибербезопасности, но и системного подхода к выявлению уязвимостей. Использование актуальных методов моделирования угроз позволяет выявлять критически важные уязвимости, разрабатывать эффективные меры защиты и прогнозировать потенциальные сценарии атак. Дальнейшие исследования должны быть направлены на автоматизацию процессов мониторинга безопасности, создание самообучающихся систем защиты и разработку устойчивых криптографических механизмов для защиты данных пользователей.

Список используемых источников:

1. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах [Электронный ресурс]. ФСТЭК – Режим доступа: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-5-fevralya-2021-g>.

2. «Умный» дом с точки зрения уязвимости: разбираемся с векторами и механиками атак [Электронный ресурс] // Habr. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/trendmicro/articles/445538/>.

3. Частота использования на базе исследования CISA [Электронный ресурс] // CISA Central. — Режим доступа: <https://www.cisa.gov/news-events/news/best-practices-mitre-attckr-mapping>.

Анализ современных подходов к автоматизированной обработке входящей информации

Николаев М.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Терентьев М.Н.

МАИ, Москва

Сегодня в компаниях протекает огромное количество информации, не малая часть из которой является входящей или исходящей. Входящая информация может выражаться в различных формах, но основную сложность для автоматизации сейчас представляют документы и электронные сообщения.

Ручная обработка такого информационного потока в больших объёмах приводит к увеличению задержек между получением информации и принятием решений и повышению частоты ошибок из-за человеческого фактора, а решение этой проблемы за счёт горизонтального масштабирования штата сотрудников и повышения квалификации сотрудников в какой-то момент становится нецелесообразным или невозможным.

Для решения описанных проблем было разработано множество алгоритмов и подходов к автоматизированной обработке информации. Но какой из них даст максимальную выгоду от его внедрения и стоит ли вообще автоматизировать этот процесс? В данной работе была поставлена цель дать ответ на этот вопрос.

Задача в автоматизации процессов обработки информации возникает в рамках определённых бизнес-задач [1, 2, 4]. Примеры наиболее характерных задач приведены ниже:

- обработка обращений клиентов;
- потоковый обмен информацией с партнёрами;
- формирование статистики по отзывам;
- обработка официальной корреспонденции;

Для решения этих бизнес-задач выделяются три основных подхода к автоматизации (по степени автоматизации):

- частичная автоматизация;
- полная автоматизация;
- гибридный подход.

Частичная автоматизация обработки информации предполагает предварительную подготовку информации перед передачей её сотруднику [2], что предполагает использование одного (или нескольких) из следующих подходов: извлечение информации [4]; выделение главного или аннотирование; классификация информации [3]. Предварительная обработка информации обеспечивает повышение точности и скорости обработки информации, но не даёт готового решения. Общими преимуществами частичной автоматизации является относительная простота внедрения и сохранение гибкости при обработке частных случаев. Недостатком данного подхода является то, что для обработки входящей информации всё ещё требуется человек.

Полная автоматизация обработки информации предполагает, что анализ информации и все решения относительно неё будут приниматься автоматически. Такой подход, в идеале, обеспечивает максимальную точность, так как исключается человеческий фактор, скорость и непрерывность обработки информации. К недостаткам полной автоматизации относится тот факт, что она требует полного понимания бизнес-процесса и учёта всех возможных ситуаций и алгоритмов их разрешения. В данный момент на практике этот подход реализуем только тогда, когда задача конечное и известное множество возможных ситуаций, что возможно только в ограниченном количестве задач.

Гибридный подход объединяет преимущества прежних двух подходов, за счёт того, что для известного множества случаев выполняется полная автоматизация процесса, а для частных случаев выполняется предварительная подготовка информации и передача её человеку для принятия конечного решения [1]. Таким образом обеспечивается полное исключение человека из процесса обработки информации для большинства случаев и сохраняется гибкость в обработке частных случаев.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что выбор подхода определяется полнотой информации о бизнес-процессе и сложностью автоматизируемого процесса. Для задач, где известен весь спектр возможных случаев и их решений выгодно полностью автоматизировать процесс обработки информации. В задачах, где каждый случай является уникальным – частичная автоматизация. Для всех остальных задач обработки информации – гибридный подход.

Список используемых источников:

1. Автоматизация обработки клиентских обращений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/axenix/articles/598919/>.
2. Как систематизировать работу с входящими документами в компании с помощью OCR-инструментов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/lanit/articles/781990/>.
3. Di Marzo Serugendo G., Cappelli M.A., Falquet G., Métrol C., Wade A., Ghadfi S., Cutting-Decelle A.-F., Caselli A., Cutting G. Streamlining Tax and Administrative Document Management with AI-Powered Intelligent Document Management System // Information. – 2024. – Vol. 15.
4. Арлазаров В. В. Мобильное распознавание и его применение к системе ввода идентификационных документов : дис. ... докт. техн. наук: 2.3.1. / Арлазаров В. В. – Москва, 2023 – 356 с.

Цифровизация логистической поддержки и роль анализа отказов в системах заправки изделий

Смирнов В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Блатиков Г.А.

МАИ, Москва

Современные вызовы в космической отрасли диктуют необходимость высокой надежности и эффективности работы систем заправки изделий топливом. Эти системы представляют собой сложные технические комплексы, от стабильности работы которых напрямую зависят безопасность и успешность космических запусков. Традиционные методы логистической поддержки, основанные на ручной обработке данных и бумажном документообороте, постепенно теряют свою актуальность. Они не обеспечивают требуемой оперативности и точности в условиях современных высокотехнологичных процессов, что делает цифровизацию логистических процессов крайне востребованной.

Ключевым аспектом цифровизации является применение методов Data Science. В рамках проведенного исследования разработано программное обеспечение (ПО), которое интегрирует алгоритмы Data Science для анализа отказов оборудования. ПО позволяет автоматизировать обработку данных об отказах, структурировать трудноформализуемую информацию, интегрировать её в базы данных и анализировать большие объемы текстовых данных. Использование методов кластерного анализа, предсказательной аналитики и машинного обучения улучшает точность диагностики, выявление причин и оценку последствий отказов. Это обеспечивает более обоснованные и оперативные решения в логистической поддержке [1].

Программное обеспечение включает модули для обработки текстовых описаний отказов, которые часто содержат множество неструктурированных данных, таких как причины неисправностей, их проявления, последствия и методы устранения. Методы обработки естественного языка Data Science позволяют извлекать важные сведения из текстовых данных и классифицировать их для последующего анализа. Введение интуитивно понятного

интерфейса ПО и интеграция с базами данных существенно упрощают процесс анализа и сокращают трудозатраты специалистов.

Применение Data Science в логистической поддержке систем заправки открывает значительные перспективы. Это включает минимизацию времени простоя оборудования, повышение надежности, сокращение затрат на обслуживание и улучшение безопасности эксплуатации. Более того, анализ данных с использованием методов машинного обучения может предсказать возможные сбои, что позволяет проводить профилактические мероприятия заранее [2].

В ходе выполнения исследования были получены следующие результаты: рассмотрена технология логистической поддержки; исследованы методы анализа отказов оборудования; исследованы преимущества применения анализа отказов оборудования в логистической поддержке систем заправки; сформулированы предложения по использованию анализа отказов оборудования в логистической поддержке систем заправки с помощью разработанного программного обеспечения.

Основным научным результатом исследования является разработанное программное обеспечение, позволяющее проанализировать исходные данные отказов оборудования, а также понимание необходимости интеграции трудно структурированной информации отказов в базы данных для повышения эффективности анализа отказов.

Таким образом, внедрение Data Science в анализ отказов оборудования и разработка ПО являются важными шагами в цифровизации логистической поддержки систем заправки. Это повышает надежность и эффективность эксплуатации оборудования и способствует технологическому прогрессу в космической отрасли.

Список используемых источников:

1. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.Н. и др. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. – М.: ИнформБюро, 2006. – 232 с.
2. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В. и др. Анализ логистической поддержки: теория и практика. – М.: ИнформБюро, 2014. – 260 с.

Электронный справочник авиационных материалов и стандартов

Судницын Г.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

Современное авиационное строение требует использования широкого спектра материалов с особыми механическими и эксплуатационными характеристиками. Подбор подходящего материала и соответствующих стандартов регламентируется нормативными документами (ГОСТ, ISO, ASTM и др.), однако поиск информации в бумажных или разрозненных цифровых источниках может занимать значительное время.

Существующие базы данных авиационных материалов, доступные в виде PDF-документов или онлайн-ресурсов, не всегда удобны для быстрого поиска и анализа информации. Инженеры и конструкторы нуждаются в едином цифровом инструменте, который позволит быстро находить характеристики материалов и сравнивать их между собой.

Разрабатываемое клиент-серверное приложение представляет собой виртуальный справочник авиационных материалов и стандартов, который позволит пользователям:

- искать материалы по заданным параметрам (прочность, плотность, температурная стойкость и др.);
- фильтровать и сортировать материалы по стандартам (ГОСТ, ISO, ASTM);
- сравнивать характеристики различных материалов;
- просматривать справочные данные и таблицы в удобном формате.

Прототип системы разработан с использованием клиент-серверной архитектуры:

- клиентская часть написана с использованием PySide6 [1] и реализует графический интерфейс для поиска и отображения информации;

• серверная часть написана с использованием FastAPI/Flask [2] и обрабатывает запросы, выполняет поиск по базе данных PostgreSQL [3], а также предоставляет API для получения данных.

Данные хранятся в реляционной базе данных с возможностью расширения и обновления.

Функциональность системы включает в себя:

- поиск материалов по названию, стандарту или ключевым параметрам;
- сравнение характеристик нескольких материалов на одном экране;
- просмотр детальной информации с описанием областей применения;
- возможность добавления пользовательских данных и аннотаций.

Возможное развитие проекта включает интеграцию с инженерными расчетными модулями для автоматического подбора материалов под заданные нагрузки, а также добавление API для взаимодействия с другими инженерными программами.

Список используемых источников:

1. PySide6 [Электронный ресурс] URL: <https://pypi.org/project/PySide6/> (дата обращения 19.02.2025).
2. Flask [Электронный ресурс] URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/> (дата обращения 19.02.2025).
3. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database [Электронный ресурс] URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения 19.02.2025).

Автоматизация формирования перечней предметов снабжения на основе каталогов деталей и сборочных единиц в формате ASD S1000D

Тупиков М.П.

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

МАИ, Москва

Современные воздушные суда, как правило, предполагают возможность их поставки заказчикам в нескольких вариантах исполнения. Так, например, одна и та же базовая конструкция вертолета может дополняться различным оборудованием для последующей поставки этих вертолетов разным заказчикам в транспортном, медицинском, противопожарном и др. вариантах исполнения. Эти возможные различия в вариантах исполнения также отражаются в эксплуатационной документации на воздушное судно.

Для воздушных судов гражданского назначения эксплуатационная документация разрабатывается в форме общей базы данных, выполненной в формате XML в соответствии с требованиями международной спецификации ASD S1000D [1]. Одним из важных эксплуатационных документов, предназначенных для организации материально-технического обеспечения эксплуатации, является каталог деталей и сборочных единиц [2], содержащий структурированные данные обо всех возможных предметах снабжения данного воздушного судна. В базе данных эксплуатационной документации такие каталоги представляются в виде совокупности взаимосвязанных файлов XML, в которых возможные варианты исполнения воздушного судна учитываются при помощи специальной разметки, содержащей сложные логические правила применимости [3] того или иного предмета поставки к конкретной конфигурации воздушного судна.

В работе предлагается метод автоматизированного формирования на основе каталога деталей и сборочных единиц, выполненного в соответствии с ASD S1000D и содержащего правила применимости, перечней предметов снабжения для их последующего использования в информационных системах эксплуатанта. Разработанный метод учитывает количество воздушных судов, поставленных конкретной авиакомпанией, и варианты их исполнения для формирования перечней предметов снабжения, включающих в себя точный состав и количество оборудования, установленного на эксплуатируемых ВС данной авиакомпании.

Применение предложенного метода позволит избежать дублирования позиций в информационных системах эксплуатанта, более точно и достоверно прогнозировать потребности в запасных частях и оптимизировать объемы их запасов.

Список используемых источников:

1. AC 1.1.S1000DR-2014. Авиационный справочник. Международная спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных. М.: ФГУП НИИСУ, 2014.
2. ГОСТ Р 54090-2018. Интегрированная логистическая поддержка. Каталоги и перечни предметов снабжения. Структура и состав данных. М: Стандартинформ, 2018.
3. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006.

Интеграция автоматизированного планирования испытаний в систему Союз-ПЛМ на базе ИКИ РАН

Туряк В.В., Прытков Р.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Пронина П.Ф.
МАИ, Москва

В космической сфере Союз-ПЛМ играет важную роль в управлении технической документацией, включая загрузку чертежей сборки, отдельных узлов и деталей, ведение журналов проверок приборов, а также отслеживание карт их состояния. Благодаря интеграции с системами проектирования и испытаний, программа способствует повышению точности, надежности и эффективности работы с космическими приборами и материалами, необходимыми для их производства и эксплуатации.

В рамках развития Союз-ПЛМ на базе Института космических исследований РАН (ИКИ РАН), была реализована новая функция — автоматизированный план записи на испытания. Данное решение позволяет оптимизировать процесс подготовки и проведения испытаний, обеспечивая точное планирование, систематизацию данных и автоматическое формирование расписаний.

Внедрение автоматизированного плана записи на испытания в Союз-ПЛМ значительно повышает эффективность работы с инженерными данными и испытательными процессами. Автоматизация обеспечивает возможность ручных операций при планировании и регистрации испытаний, заключении времени подготовки и согласования процедур испытаний. Это также обеспечивает точность и надежность данных для счетного устройства контроля и систематизации информации, минимизируя ошибки и повышая прозрачность результатов испытаний. Дополнительно усиливается документооборот и отслеживаются результаты благодаря централизованному хранению данных о проведенных испытаниях, что обеспечивает быстрый доступ к отчетам, протоколам и аналитике в цифровом формате.

Благодаря этим возможностям новая функциональность делает работу с испытаниями более удобной, надежной и эффективной, способствуя развитию современных технологий в космической отрасли.

Развитие Союз-ПЛМ играет ключевую роль в совершенствовании процессов управления инженерными данными в космической отрасли. Автоматизация записи на испытания, внедренная на базе ИКИ РАН, повышает эффективность подготовки и проведения тестов, снижая вероятность ошибок и упрощая документооборот.

Дальнейшее развитие системы может включать интеграцию с современными аналитическими инструментами, расширение возможностей управления жизненным циклом изделий и углубленную автоматизацию испытательных процессов. Эти шаги позволят Союз-ПЛМ оставаться востребованным инструментом для разработки и эксплуатации космических приборов, поддерживая высокие стандарты надежности и инновационности в отрасли.

Список используемых источников:

1. Ахметьев М. А. Автоматизация измерений, испытаний и контроля. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2013. – 165 с.
2. Аверин С. В. Цифровые технологии в управлении жизненным циклом продукции // Вопросы машиностроения. – 2020. – № 4. – С. 45–52.
3. ГОСТ Р 57193-2016. Системы управления жизненным циклом продукции (PLM). Общие требования. – Введ. 01.06.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 34 с.
4. Кокнаев Н. А., Фирсова С. А. Разработка комплекса программ автоматизации обработки результатов испытаний в лаборатории механических испытаний // Огарёв-Online. – 2019. – № 1. – С. 5.
5. Програмноюз. Реестр отечественного программного обеспечения. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.programsoyuz.ru/reestr> (дата обращения: 05.01.2025).

Симулятор виртуальной памяти операционной системы

Хусаинов Б.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Терентьев М.Н.

МАИ, Москва

Оптимизация управления оперативной памятью — важная задача, особенно в авиации, где надежность критична. В бортовых системах задержки при обработке данных могут привести к сбоям, влияющим на безопасность полетов. Эффективное управление памятью необходимо для предсказуемости выполнения операций.

Современные вычислительные системы оперируют большими объемами данных, что требует надежных стратегий замещения страниц. Важно минимизировать задержки в серверных системах и обеспечивать бесперебойный доступ в авиационных системах. Исследование эффективности этих стратегий актуально для систем реального времени, где задержка загрузки данных влияет на точность расчетов и управление полетом.

Разработанный симулятор моделирует процессы управления памятью, позволяя анализировать поведение систем при разной нагрузке. Он имитирует загрузку, замещение страниц, обеспечивая тестирование алгоритмов и их адаптацию к различным условиям. Это позволяет исследовать влияние стратегий на производительность и анализировать поведение систем при высокой интенсивности запросов.

Одной из ключевых функций симулятора является наличие журнала, фиксирующее обращения к памяти, загрузку и замещение страниц. Это помогает выявлять нагруженные места и оптимизировать использование ресурсов, особенно в критически важных системах, таких как авиационная электроника. Журнал фиксирует временные задержки при высокой нагрузке, позволяя корректировать алгоритмы и предсказывать потенциальные сбои.

Использование симулятора помогает анализировать закономерности в управлении памятью. Если обнаруживается, что определенная стратегия вызывает частые замены страниц и задержки, можно адаптировать параметры системы или выбрать более подходящий алгоритм. Журналирование также полезно для долгосрочных тестов, что актуально в авиации, где системы работают в разных режимах — от стандартной навигации до экстренных ситуаций.

Результаты работы симулятора могут применяться в авиации для тестирования алгоритмов распределения памяти в бортовых системах. Помимо авиации, инструмент полезен в серверных вычислениях, облачных системах, базах данных и встраиваемых устройствах. Например, его можно применять для анализа систем при высокой нагрузке и моделирования работы операционных систем в реальных условиях.

Разработанный симулятор — универсальный инструмент для изучения стратегий замещения страниц. Он позволяет тестировать алгоритмы, разрабатывать новые подходы и повышать эффективность компьютерных систем в авиации, серверных вычислениях и встраиваемых устройствах. В дальнейшем возможна его адаптация для моделирования распределенных систем и интеграции с реальными операционными системами. Это поможет не только углубить понимание существующих стратегий, но и предложить инновационные

методы управления памятью, повышающие эффективность современных вычислительных систем.

Список используемых источников:

1. Таненбаум Э.С. Архитектура компьютера // 6-е изд. Изд-во Питер. 2013.
2. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем // ИТМО, Санкт-Петербург, 2009.
3. Гордеев А.В. Операционные системы // 2-е изд. Изд-во Питер. 2009.

Оптимизация процесса поиска неисправностей воздушного судна на основе данных о фактической надежности его компонентов

Шашкова Д.М.

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

МАИ, Москва

Конкурентоспособность авиационной техники гражданского назначения в значительной мере определяется ее эксплуатационно-техническими характеристиками, основными из которых являются показатели технической готовности и прямых затрат на обеспечение технической эксплуатации. При этом существенный вклад как в показатели готовности, так и в показатели затрат, вносят трудоемкость и продолжительность выполнения работ по поиску и устранению неисправностей воздушных судов. В связи со сложностью конструкции современных воздушных судов, процедуры поиска неисправности, выполняемые техническим персоналом авиакомпании при возникновении признаков отказа, предполагают проверку в заранее определенном порядке достаточно большого количества узлов и агрегатов с целью отыскания отказавшего компонента.

Алгоритмы такого поиска разрабатываются на этапе проектирования воздушного судна и передаются в эксплуатирующую организацию в виде эксплуатационного документа «Руководство по поиску и устранению неисправностей» (Fault Isolation Manual, FIM). В соответствии с требованиями международной спецификации ASD S1000D [1], этот эксплуатационный документ разрабатывается в виде набора модулей данных в формате XML и содержит логические блок-схемы поиска неисправностей в текстовом и графическом виде, отражающие последовательность проверки потенциально неисправных компонентов.

Необходимо отметить, что эти логические блок-схемы разрабатываются на этапе проектирования исходя из расчетных оценок параметров надежности каждого компонента, таких как интенсивность отказов и средняя наработка до отказа (между отказами), оцениваемых на этапе разработки в виде постоянных величин. При этом не рассматривается возможность изменения интенсивности отказов компонентов во времени при изменении их технического состояния в силу, например, физического износа или иных деградационных процессов, возникающих после определенной наработки. Такое, связанное с износом компонентов, изменение интенсивности отказов в большинстве случаев может быть описано при помощи распределения Вейбулла.

В работе предлагается метод динамического формирования логических блок-схем поиска неисправностей, учитывающий фактическое техническое состояние каждого потенциально неисправного элемента. При этом оптимальная последовательность выполнения проверок формируется при помощи метода «время-вероятность» на основе данных о наработке каждого компонента, получаемых, например, из электронного дела изделия, и оценке фактической интенсивности отказов с использованием известных параметров распределения Вейбулла [2, 3].

Предложенный метод может быть реализован в отдельном программном модуле в интегрированной среде, включающей в себя информационные системы ведения электронного дела изделия и просмотра электронной эксплуатационной документации в форме интерактивных электронных технических руководств. В этом случае возможно динамическое, в зависимости от текущего технического состояния, изменение последовательности проверок компонентов с соответствующим автоматическим изменением графической и текстовой составляющей модулей данных руководства по поиску

неисправностей. Это позволит, в свою очередь, значительно сократить трудоемкость и продолжительность выполнения работ непланового технического обслуживания, повысить техническую готовность и снизить затраты на обеспечение технической эксплуатации.

Список используемых источников:

1. ASD S1000D [Электронный ресурс]. URL: <https://www.s1000d.org> (дата обращения: 12.02.2025).
2. В. И. Сидельников, «Диагностика и надежность автоматизированных систем. Часть 2», Москва: Наука, 2015.
3. С. М. Бородин, «Основы технической диагностики электронных средств», Москва: Радиотехника, 2018.

Информационно-справочное веб-приложение для обучения инженерной графике

Эрбис А.М., Левашкин-Леонов С.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

При подготовке инженеров большое значение имеет обучение черчению на бумаге. Данное умение является базовым, оно осваивается в первом семестре дисциплины «Инженерная графика» и используется в дальнейшем для эскизного представления изделия. Однако, оформление чертежей требует строгого соблюдения ГОСТов, в которых содержится большое количество данных. На поиск нужной информации у студентов уходит гораздо больше времени, чем на изучение самого предмета.

Для решения описанных проблем было создано информационно-справочное веб-приложение, которое упрощает текстовое оформление чертежей, позволяет искать информацию о стандартных изделиях, посматривать примеры выполненных работ, а также включает в себя краткие теоретические материалы. Соответствующая функциональность вынесена в отдельные разделы приложения.

В разделе текстового оформления пользователь может ввести строку и получить размеры каждой её буквы, а также межбуквенный и межстрочный интервалы. Это позволит соблюсти размеры по ГОСТу при оформлении чертежа. Второй раздел информационно справочного веб-приложения выдает все размеры необходимого стандартного изделия по некоторым входным параметрам. Раздел с примерами работ содержит структурированную базу ранее созданных работ студентов у различных преподавателей. Наличие фильтра позволит пользователю найти конкретную работу, сделанную под руководством конкретного преподавателя для выявления его требований. Остальные разделы приложения являются краткой выжимкой из методических указаний и учебников по инженерной графике.

Разработанное приложение полезно не только для студентов, но и для преподавателей, так как упрощает проверку чертежей. Также стоит отметить, что благодаря реализации в виде веб-приложения [1], обеспечивается его кроссплатформенность и легкая интеграция с существующим сайтом кафедры «Инженерная графика» и другими учебными веб-приложениями [2].

Данное приложение написано на языке PHP [3] с использованием фреймворка Laravel [4]. Для формирования страниц применяется шаблонизатор Blade. Часть расчетов производится на стороне клиента при помощи JavaScript. В качестве базы данных используется MySQL. Выбор данных технологий обусловлен простотой развертки и широкой распространенностью LAMP стека.

Поскольку большая часть ГОСТов представлены в формате pdf, для формирования базы данных стандартных изделий был применен чат-бот с искусственным интеллектом Le Chat от компании Mistral, который переводил таблицы из загруженных документов в текстовый формат, пригодный для последующей обработки.

Для оценки эффективности приложения было проведено исследование методом фокус-группы. Результаты исследования показали повышение продуктивности студентов при выполнении графических работ.

Список используемых источников:

1. Гинзбург И.Б. Анализ возможностей локального хранения данных веб-приложений на стороне клиента // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – №2. – С. 24-26.
2. 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.
3. PHP [Электронный ресурс] URL: <https://www.php.net/> (дата обращения 17.02.2025).
4. Laravel [Электронный ресурс] URL: <https://laravel.com/> (дата обращения 17.02.2025).

Локальное позиционирование БПЛА при помощи сверхширокополосных трансиверов

Яицкий Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Терентьев М.Н.
МАИ, Москва

Современные популярные системы управления беспилотных аппаратов используют глобальные навигационные системы (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo) для решения задачи локализации – определения собственного положения, ориентации и скорости.

При потере сигнала, или его плохом качестве, системы управления используют алгоритмы вида счисления координат (dead reckoning), используя МЭМС сенсоры (акселерометр, гироскоп, магнитометр), которые, хоть и не могут использоваться отдельно от ГНС, обеспечивают достаточную точность для совершения полётов. Однако такие системы не могут функционировать обеспечить достаточную точность позиционирования, в условиях длительного отсутствия сигналов ГНС.

В системах локального позиционирования в закрытых помещениях, уже используется технология, основанная на радио – с помощью продолжительной передачи данных по каналу, передатчики способны определить расстояния, используя время задержки. Зная время задержки и скорость движения волны (скорость света) возможно определить расстояние до передатчика. До появления UWB-трансиверов, такие системы в основном использовали протоколы Bluetooth и Wi-Fi для передачи измерительных посылок. Однако, данные протоколы не помехоустойчивы и плохо работают не в прямой видимости передатчика.

Созданная для решения задачи локального позиционирования с высокой (несколько сантиметров) точностью технология UWB активно используется в системах управления наземного транспорта в складских помещениях (умный склад), в системах управления производственного процесса (умный завод). Технология оптимизирована для использования в условиях не прямой видимости, помех, созданных другими радиосистемами. Однако одним из существенных недостатков такой технологии является маленькая мощность сигнала, ограничивающая применение технологий всего лишь до нескольких десятков метров.

Целью данной работы является оценка использования технологии локального позиционирования на основе UWB передатчиков DWM1000 в системах управления беспилотных летательных и наземных аппаратов. Приведены сценарии успешной работы системы, оценена точность измерений, точность позиционирования. Приведены пример работы системы в домашних условиях. Оценена возможность использования трансиверов на расстоянии, превышающее 200 метров.

Список используемых источников:

1. Jorge Pena Queralt, Carmen Martinez Almansa, Fabrizio Schiano, Dario Floreano, Toni Westerlund UWB-based system for UAV Localization in GNSS-Denied Environments: Characterization and Dataset // <https://arxiv.org/pdf/2003.04380>.

2. Thien Minh Nguyen, Abdul Hanif Zaini, Kexin Guo and Lihua Xie An Ultra-Wideband-based Multi-UAV Localization System in GPS-denied environments // <https://www.imavs.org/papers/2016/9.pdf>.

Секция №5.4 Системы жизнеобеспечения и космическая медицина

Совершенствование метода сенсорного замещения вестибулярной афферентации с использованием вибротактильной обратной связи

Гайнутдинова Э.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва

Закономерными следствиями космического полета любой длительности являются нарушения равновесия и походки человека [1]. Постуральная система человека сложна и включает в себя афферентацию многих модальностей, нервные центры на различных уровнях центральной нервной системы, опорно-двигательный аппарат, и любое изменение в этих компонентах или их взаимодействии может привести к нарушениям равновесия и, как следствие, к нарушению его работоспособности.

Одним из важнейших для поддержания равновесия сенсорных блоков является вестибулярная система. Благодаря вестибулярной системе обеспечивается внутреннее представление об ориентации головы относительно вектора гравитации. Изменение работы вестибулярного аппарата закономерно приводит к нарушению равновесия.

На данный момент существуют подходы к коррекции/замещению вестибулярной функции. Рядом ученых из разных стран предпринимаются попытки создать устройства, которые позволили бы с помощью обратной связи улучшить постуральную функцию, что актуально и для больных, и для космонавтов.

Используется два принципиально отличных вида обратной связи от датчика ориентации: вибротактильная, с такторами (вибромоторами), расположенными на голове или на туловище, и электротактильная, с выводом электрических сигналов на язык посредством матрицы электродов [2].

Вибротактильная обратная связь имеет определенное преимущество: ношение такой системы не мешает повседневной деятельности человека. В литературе описаны методы использования вибротактильной обратной связи от ориентации звеньев тела, однако данные методы не используют двухмерность кожи и выдают сигналы только на превышение отклонения (в одной из вертикальных анатомических плоскостей тела) заданной протоколом критической величины.

В нашей работе проводится анализ литературы для создания устройства обратной связи от датчика ориентации головы на вибротактильную матрицу, закрепляемую на голове. Изучив опубликованные работы, мы получим возможность создать такой метод сенсорного замещения вестибулярной афферентации, который может оказаться эффективным способом компенсации вестибулярного дефицита для пациентов с патологиями и, потенциально, для космонавтов в острый период реадaptации к условиям гравитации, таким образом, устройство может стать «тренажером» для космонавтов и методом сенсорного замещения вестибулярной функции для больных с патологиями вестибулярной системы.

Список используемых источников:

1. Kozlovskaya I.B. et al. Pathophysiology of motor functions in prolonged manned space flights //Acta Astronautica. – 1981. – Т. 8. – №. 9-10. – С. 1059-1072.
2. Danilov Y.P. et al. Efficacy of electro tactile vestibular substitution in patients with bilateral vestibular and central balance loss //2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. – IEEE, 2006. – С. 6605-6609.

Перспективные технологические решения для оказания экстренной медицинской помощи на обитаемой лунной базе

Демина П.Н., Матвеева Т.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России, Москва

В ходе длительных космических полетов к Луне с пребыванием экипажа на лунной базе космонавты столкнутся с множеством неблагоприятных факторов, как гипогравитация, космическая радиация, гипомагнитная среда, ограниченность ресурсов, удаленность от Земли, изоляция и др. В этих экстремальных условиях важной проблемой медико-биологического обеспечения лунной базы является риск возникновения ситуаций, требующих экстренной медицинской помощи.

Разработка эффективных систем оказания скорой медицинской помощи стала особенно актуальна в связи с активным развитием программ по освоению Луны и Марса. Это требует междисциплинарного подхода и применения инновационных технологий.

В работе рассматривается возможность применения новейших технологических решений для оказания экстренной медицинской помощи в условиях лунной базы.

Срочное медицинское вмешательство может понадобиться космонавту на Луне в таких ситуациях, как несчастные случаи во время внекорабельной деятельности (травмы от падения, ожоги и обморожения из-за повреждения скафандра и т.д.), медицинские состояния, связанные с лунной средой (приступы тошноты, дезориентации из-за адаптации к гипогравитации и т.д.), острые проявления заболеваний (сердечный приступ, инфекционные заболевания, аллергические реакции и т.д.), травмы во время аварийных ситуаций (отравление газами, поражение электрическим током и т.д.).

Современные технологии для оказания экстренной медицинской помощи активно развиваются. Многие из них могут быть адаптированы для использования на лунной базе.

1. Телемедицинские технологии. С помощью телемедицины можно организовать удаленное руководство действиями экипажа по оказанию первой помощи, проведению простых медицинских процедур или хирургических манипуляций, а также контроль за жизненно-важными показателями. Однако при использовании данных платформ на лунной базе стоит учесть задержки связи (около 2,5 секунд в одну сторону).

2. Искусственный интеллект (ИИ). Его алгоритмы могут входить в систему поддержки принятия решений (СППР). Они позволяют автоматизировать процесс диагностики, ускорить обработку данных, минимизировать число ошибок при диагностике и работе с медицинским оборудованием, оптимизировать использование материалов. Однако для обучения ИИ требуется большой объем данных, достоверно отражающих поведение организма человека в условиях лунной базы, который на данный момент отсутствует. Это может привести к появлению ложноположительного или ложноотрицательного результата.

3. Носимые устройства. В настоящее время большинство этих устройств («умные» часы, браслеты, рубашки и т.д.) обладают слишком большой погрешностью измерений. Однако технологии активно совершенствуются и стремятся к улучшению точности, что в будущем позволит их использовать для медицинских измерений. Непрерывный мониторинг жизненно важных показателей (частота сердечных сокращений, сатурация кислорода в крови и т.д.) позволит использовать полученные данные во время оказания экстренной помощи и сократить время на установку датчиков на пострадавшего.

4. Медицинские роботы. Роботы-ассистенты могут помогать в проведении инвазивных операций (забор крови, наложение швов и т.д.) и обследований. Совместное использование с телемедицинскими системами позволит специалистам на Земле удаленно проводить сложные манипуляции. Также управление роботом может осуществлять ИИ, что позволит автоматизировать и ускорить некоторые простые действия.

5. Автономные системы жизнеобеспечения. Они включают комплекс компактных устройств, таких как аппарат для искусственной вентиляции легких, дефибрилятор, аппарат для сердечно-легочной вентиляции, аппарат мониторинга жизненно важных функций. Примером такой системы может быть Многофункциональная медицинская

роботизированная система «Спасатель», разработанная в ЦНИИ РТК (Санкт-Петербург), предназначенная для спасательных работ.

6. Биосенсоры. Устройства сочетают биологический компонент с физическим или химическим датчиком для обнаружения специфических веществ. В настоящий момент ведутся разработки нанобиосенсоров, работающих на молекулярном уровне. Они могут быть использованы для экспресс-анализа биохимических показателей космонавта.

Современные технологии предоставляют широкие возможности для оказания экстренной медицинской помощи, однако их адаптация к условиям лунной базы потребует комплексного подхода. Использование телемедицинских технологий с частичной автоматизацией позволит повысить эффективность её оказания. Устройства в составе системы должны быть максимально автономными и компактными, объединенными единой системой управления с использованием алгоритмов искусственного интеллекта в составе СППР.

Список используемых источников:

1. Баранов В.М., Катунцев В.П., Баранов М.В. и др. Вызовы космической медицины при освоении человеком Луны: риски, адаптация, здоровье, работоспособность // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2018. – №3. – С. 109-123.

2. Поляков А.В., Грязнов Н.А., Крючков Б.И. и др. Спасение пострадавших в авиационных инцидентах в Арктике // ВКС. – 2020. – №2 (103). – С. 40-53.

Моделирование терморегуляторных реакций человека на воздействие холода Жеребцова К.С., Шеина М.А.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.
МАИ, Москва

Одной из актуальных проблем в мирное и военное время, особенно для военнослужащих, выполняющих задачи в экстремальных условиях низких температур, является холодовая травма [1].

Точная количественная оценка теплового состояния организма человека является важнейшим условием при решении проблем, связанных с негативным влиянием климатических и микроклиматических факторов внешней среды [2]. Совокупность природных факторов, которые влияют на тепловой обмен организма с окружающей средой, достаточно большая. Действие каждого из них в отдельности или в различных комбинациях может приводить к усиленной отдаче тепла.

В результате недостаточной теплоизоляционной способности тканей организма и одежды процессы теплоотдачи в условиях холода нередко преобладают над теплопродукцией, отчего в организме со временем образуется дефицит тепла. Способности человека к поддержанию температурного гомеостаза довольно ограничены, поэтому сохранение теплового баланса обычно достигается за счет использования индивидуальных и коллективных средств защиты.

При недостаточной теплоизоляции защитного снаряжения происходит умеренное или достаточно выраженное охлаждение и рефлекторно включаются поддерживающие температуру тела механизмы. Во время воздействия холода дрожь является важным элементом для моделирования, поскольку вся энергия мышечного сокращения переходит в тепло, благодаря чему удается на некоторое время стабилизировать внутреннюю температуру тела, несмотря на выделение тепла кожей в окружающую среду [3].

Однако, построение моделей системы физиологической терморегуляции является сложной задачей. Причиной является неопределенность и неоднозначность сведений о том, температура какого участка или органа является предметом регуляции, температурные изменения каких участков организма вызывают включение соответствующих терморегуляторных реакций и какая их эффективность. Поэтому разработка компартментной модели терморегуляции в условиях охлаждающего микроклимата является актуальной проблемой.

Пассивная теплофизическая модель теплообмена была представлена двумя узлами цилиндрической формы – туловищем и головой, которые в свою очередь делились на мозг и

оболочку головы, внутренние органы и оболочку туловища. Кровообращение было представлено отдельным компарментом. Таким образом, пассивная система была представлена пятью дифференциальными уравнениями.

Пассивная система была расширена за счет модели активных механизмов, включающей алгебраические уравнения, которые описывают процессы потоотделения, холодовой дрожи и вазоконстрикторной реакции кровообращения.

Проведенные вычислительные эксперименты показали достаточно точное совпадение с экспериментальными данными. Дальнейшие работы направлены на разработку метода нормализации теплового состояния дыханием подогретыми кислородно-гелиевыми смесями.

Список используемых источников:

1. Кошечев В. С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода / В. С. Кошечев. – Москва : Медицина, 1981. – 288 с.
2. Разинкин С. М. Физиология и гигиена летчика в экстремальных условиях [Текст] : монография / С. М. Разинкин, М. В. Дворников. - 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Издательство «Научная книга», 2019. – 558с.
3. Афанасьева Р. Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода // М., 1977. – 137 с.

Разработка системы обеспечения газового состава герметичной камеры для проведения токсикологических экспериментов на животных

Кокорин М.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васин Ю.А.

МАИ, Москва

В настоящее время активно ведутся работы по созданию Российской орбитальной станции (РОС), которая будет включать жилые модули и модули для проведения научных исследований и испытаний новых технологий. В проекте особое внимание уделяется экспериментам с новыми материалами, а также изучению изменений их характеристик в условиях невесомости, космического вакуума и радиационных потоков. Новые материалы, используемые в строительстве РОС и при проведении различных научных экспериментов в условиях длительных космических полетов, могут выделять различные химические вещества при контакте с атмосферой станции в условиях действия внешних и других факторов космического полета [1]. Требуется проведение комплексного токсикологического анализа указанных веществ в связи с потенциальными рисками ингаляционного воздействия на членов экипажа.

Проблема безопасного применения новых материалов решается проведением токсикологических исследований, направленных на выявление и минимизацию потенциальных рисков воздействия химических веществ, выделяемых материалами в замкнутой атмосфере станции. Поддержание стабильного и контролируемого газового состава в таких условиях критически важно для успешной реализации запланированных экспериментов, особенно в долгосрочных исследованиях, учитывая кратковременные и долговременные накопительные токсикологические эффекты. Ключевую роль играют испытания на животных, в частности на лабораторных крысах и мышах. Эксперименты для обоснования гигиенических нормативов позволяют моделировать воздействие вредных веществ и оценивать возможные риски для здоровья экипажа, что в конечном итоге способствует повышению безопасности пилотируемых полетов.

В работе рассматриваются подходы к разработке системы обеспечения газового состава (СОГС) герметичной камеры и создание прототипа СОГС для лабораторных мелких животных (крысы) в условиях замкнутого гермообъема. Это необходимо для поддержания жизнедеятельности животных и предотвращения влияния внешних факторов путём создания стабильных условий, обеспечивающих воспроизводимость и достоверность токсикологических экспериментов. В соответствии с требованиями ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур», система должна обеспечивать подачу кислорода,

удаление углекислого газа, контроль уровня аммиака, а также создавать и поддерживать заданные условия для проведения длительных токсикологических экспериментов.

Токсикологические эксперименты с животными позволяют получить экспериментальные данные для научного обоснования предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных химических веществ в замкнутой среде. Разработка СОГС для герметичных объектов, таких как лабораторные камеры с животными, является важной частью подготовки к эксплуатации новой орбитальной станции.

Список используемых источников:

1. Мухамедиева Л. Н., Джеймс Дж. Т., Аксель-Рубинштейн В. З., Соломин Г. И. Токсикология воздушной среды // Космическая биология и медицина: совместное российско-американское издание / под ред. О. Г. Газенко, А. И. Григорьева, А. Е. Никогосяна, С. Р. Молера. — Т. 5: Российско-американское сотрудничество в области космической биологии и медицины. — М.: Наука, 2009. — С. 375–425.

Обоснование выбора протоколов глазной оптической когерентной томографии в моделируемых экспериментах искусственной микрогравитации

Конева Д.А.

Научный руководитель — д.м.н. Манько О.М.

МАИ, Москва

Адаптация организма в условиях микрогравитации сопровождается перестройкой функциональной активности всех систем организма. Главными факторами, влияющими на организм, являются перераспределение жидкостных сред в сторону головы, отсутствие опоры. Эти факторы, как предполагается, провоцируют развитие космического нейроокулярного синдрома (SANS). Основным проявлением SANS является отек зрительного нерва и сетчатки. Синдром SANS активно изучается, научные исследования продолжаются.

В наземных условиях имитация невесомости достигается с помощью моделей антиортостатической гипокинезии (АНОГ) и «сухой иммерсии», где воспроизводится перераспределение жидкостных сред в организме в сторону головы, создается безопорное пространство, вызывая адаптационные реакции, схожие с эффектами космического полета.

В этих наземных экспериментах, имитирующих факторы микрогравитации, мы оцениваем состояние зрительной системы испытуемого.

Цель: определить оптимальные протоколы сканирования с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) для адекватной оценки состояния зрительной системы в условиях моделируемой микрогравитации.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) — это неинвазивный метод, позволяющий получить трехмерное изображение структур глаза. Она применяется для выявления структурных деформаций внутренних сред глаза и сетчатки, что активно используется в офтальмологии для диагностики таких заболеваний глаза как дистрофии ткани сетчатки, глаукомы и др.

В наших исследованиях ключевой целью является оценка морфологического состояния сетчатки глаза (макулярной зоны и диска зрительного нерва) и состояния кровообращения этих зон глаза для того, чтобы оценить устойчивость ауторегуляции местного кровотока и морфологическую сохранность ткани сетчатки.

Для решения задачи мы использовали в работе оптический когерентный томограф RTVue 100 XR Avanti (Optovue, США). В программное обеспечение этого томографа входят протоколы для оценки морфологии сетчатки, зрительного нерва, и степени кровотока сосудов глазного дна.

Для оценки морфологических изменений ткани сетчатки используют протоколы FullRange, FullRange AC Retro, Epithelium Map, GLV, FLV они позволяют детализировать морфологию сетчатки и диска зрительного нерва. Для оценки уровня кровотока используют

ангиометрические протоколы, FAZ, FD, PERIPAPILLARY RNFL, позволяющие сосудистую сеть вокруг диска зрительного нерва.

Анализ структурный анализ морфологии сетчатки и зрительного нерва до и после модельных экспериментов с использованием указанных протоколов позволяет расширить понимание механизмов развития SANS и разработать методы диагностики и профилактики

Список используемых источников:

1. Захарова М.А., Куроедов А.В. Оптическая когерентная томография: технология, ставшая реальностью // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2015. № 4. С. 204–211.
2. Свирин А.В., Кийко Ю.И., Обруч Б.В., Богомолов А.В. «Спектральная оптическая когерентная томографи. // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2009. № 2. С. 50-53.
3. Руководство по пользованию глазного оптического когерентного томографа Optovue RTvue 100 XR Avanti.
4. Макаров И.А., Воронков Ю.И. Влияние длительной микрогравитации на орган зрения. Обзор литературы. Офтальмология. 2016;13(2): 74-82.

Исследование влияния солнечной активности на кровообращение человека

Котлинская А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кабанов А.А.

МАИ, Москва

В настоящее время для исследования солнечной активности запущены следующие космические солнечные зонды: Parker Solar Probe и Solar Orbiter. Также в рамках Федеральной космической программы 2026–2035 запланирован запуск космического аппарата «Интергелио-зонд».

В рамках этих миссий собраны следующие данные:

- Parker Solar Probe с 2018 года по настоящее время изучает солнечный ветер, магнитное поле и корону Солнца;
- Solar Orbiter с 2020 года по настоящее время изучает магнитное поле, корону Солнца и гелиосферу.

В рамках миссии «Интергелио-зонд» планируется собрать данные по структуре солнечной атмосферы, вспышечной активности Солнца, внешней короны Солнца и солнечного ветра.

Также проведены исследования по влиянию солнечной активности (солнечных пятен) на кровообращение человека (реологические свойства крови), но подобных исследований мало, и они не охватили всех солнечных характеристик, например, влияние таких показателей как протуберанцев и солнечных вспышек. Для полной и объективной оценки влияния солнечной активности необходимо охватить весь цикл солнечной активности (порядка 11 лет), что пока не реализовано. Данная область недостаточно изучена, необходим сбор и анализ дополнительной информации для выявления закономерностей. Следовательно, для решения поставленной задачи необходим новый космический аппарат.

Для получения полной картины корреляции между солнечной активностью и кровообращением человека планируются:

- сбор информации с определенной частотой по различным выбранным характеристикам солнечной активности в течение всего цикла солнечной активности (порядка 11 лет);
- параллельный сбор информации с определенной частотой по выбранным показателям реологических свойств крови в течение всего цикла солнечной активности (порядка 11 лет).

Характеристики солнечной активности будут выбраны и уточнены в рамках дальнейшего исследования по данной задаче. Показатели реологических свойств крови и способ их оценки будут выбраны при консультации со специалистами. Частота сбора информации также будет уточнена в дальнейшем.

Разработан космический аппарат в первом приближении. Определен состав проектных параметров, разработаны сценарии миссии. Определены исследуемые характеристики солнечной активности, а именно солнечные пятна (их размеры, температура, тени и полутени), протуберанцы (их размеры, высота петель и температура), вспышки на Солнце

(их мощность, продолжительность и классификация), солнечный ветер (плотность, скорость, температура частиц), солнечная корона (ее внешняя граница, излучение и структура) и магнитном поле Солнца (магнитная индукция, магнитный поток, магнитная проницаемость, напряженность поля). Определена целевая аппаратура аппарата, а именно широкоугольная камера, спектрометрический телескоп, коронограф, детектор энергетических частиц, магнитометр и анализатор солнечного ветра.

Проработан облик аппарата, определены его массогабаритные характеристики: масса и габариты в первом приближении.

Космическая миссия была верифицирована с помощью программы симуляций. Создан виртуальный прототип в CAD-программе SolidWorks как самого аппарата, так и расположения приборов в первом приближении. Также проект был верифицирован на основе оценки стоимости аппарата, оценки его массогабаритных характеристик и анализа аналогов, как самого аппарата, так и приборов, входящих в целевую аппаратуру.

Выполненная работа является начальным этапом реализации космической миссии. Следующим этапом будет уточнение исследуемых солнечных характеристик, которые в свою очередь накладывают требования на объем оборудования и частоту получения данных. Затем необходимо понять каким образом следует обрабатывать и структурировать полученные данные для дальнейшей корреляции.

Список используемых источников:

1. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. URL: <https://sintez-data.info/Библиотека/Чижевский%20А.Л.%20Физические%20факторы%20исторического%20процесса.pdf> [Электронный ресурс] (дата обращения 13.02.2025).

2. Кабанов А.А. Определение устройства космических аппаратов на этапах жизненного цикла при решении целевых задач : Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ, 2022. 88 с. : ил.

3. Ю.Я. Пузин, С.Л. Сафронов. Основы устройства и эксплуатации космических комплексов: учебное пособие/ Самара: Издательство Самарского университета, 2022. 236 с.: ил.

4. Токаева Л.К., Долгова Е.М., Паршина С.С., Булудова М.В. Влияние солнечной активности на адаптационные реакции реологических свойств крови у практически здоровых лиц. ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России. URL: <https://medconfer.com/files/archive/2016-08/2016-08-7-A-6616.pdf> [Электронный ресурс] (дата обращения 13.02.2025).

Механизм силовой поддержки рук космонавтов как способ повышения работоспособности при выполнении внекорабельной деятельности

Курбанова О.Э.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васин Ю.А.

МАИ, ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва

На сегодняшний день неотъемлемой частью длительных пилотируемых космических полетов является внекорабельная деятельность (ВКД). Она имеет одно из важнейших значений как для полетов на околоземных орбитах, так и при организации полетов в дальний космос и построении обитаемых баз на поверхности Луны и других планет. Также ВКД является самой сложной по энергетическим и психологическим затратам на ее осуществление (стресс). Основным биомеханическим звеном для выполнения монтажных работ, перемещения по корпусу орбитальной станции, удержания инструментов, а в дальнейшем для управления ровером или экзоскелетом является человеческая рука. Условия пониженной гравитации или практически полного ее отсутствия нарушают работу всех механизмов и структур двигательной системы, в том числе двигательный контроль верхних конечностей [1], что приводит к снижению физической работоспособности космонавта и качества выполнения операторской деятельности [2]. Кроме того, данные изменения усугубляются снижением тактильной чувствительности механорецепторов при работе руками в многослойных перчатках скафандра во время ВКД. При травмировании кистей рук жесткой перчаткой скафандра восстановление может занимать около 6 недель, что является

чрезвычайно долгим периодом. Таким образом, разработка системы дополнительного контроля адекватности нагрузки для осуществления хвата и его силы при выполнении ВКД является актуальной задачей космонавтики на данный момент.

В докладе рассматривается литературный обзор результатов анализа проведения ВКД космонавтами и ее подготовки. По результатам анализа различных литературных источников необходимо разработать подходы к формированию силовой поддержки и контроля силы хвата космонавта с целью повышения эффективности операторской деятельности при ВКД, а именно, выполнение большего объема работ за то же количество времени, снижение мышечной усталости во время и после ВКД с целью более быстрого восстановления работоспособности космонавта.

В настоящий момент на основе анализа отечественной литературы наблюдается отсутствие предложений по созданию и применению устройств силовой поддержки рук для космонавтов при выполнении ВКД. В зарубежной литературе встречаются технические решения на стадии макетов и прототипов, которые предлагается интегрировать во внутреннюю систему скафандра. Существенными недостатками предлагаемых решений, препятствующих их внедрению в практику космических полетов, являются большие габаритные размеры, которые невозможно разместить внутри перчатки. Предлагаемое в работе размещение устройства на внешней поверхности перчатки скафандра позволит избежать их модернизации. Для разработки технического решения предлагается использовать как теоретическое, так и физическое моделирование процесса хвата в условиях измененной гравитации, предлагается математический анализ данного процесса при выполнении операторской деятельности и управления, а также экспериментальный сбор данных в условиях моделирования («сухая» иммерсия).

Анализ особенностей функционирования кистей рук (сила, тактильное восприятие, ловкость и др.), разработка принципа работы механизма силовой поддержки на основе математического моделирования является важным условием для успешного выполнения операторских задач, а также успешной работы с ручным инструментом, как в открытом космическом пространстве, так и на поверхности Луны и других планет.

Список используемых источников:

1. Kozlovskaya I. B. et al. Role of support afferentation in control of the tonic muscle activity //Acta Astronautica. – 2007. – Т. 60. – №. 4-7. – С. 285-294.
2. Григорьев А. И., Осипов Ю. Ю., Самарин Г. И. Медицинское обеспечение внекорабельной деятельности космонавтов //Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т. 85. – №. 4. – С. 291-298.

Конструкция и алгоритм работы внешнего спасательного модуля CubeSat 3U для международной космической станции

Морозова В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва

Работа космонавтов в открытом космосе связана с риском их неконтролируемого перемещения в случае потери контакта с кораблем при выполнении внекорабельной деятельности [1].

Автор предлагает конструкцию спасательного модуля при возникновении нештатной ситуации, а также алгоритм спасения космонавта.

В работе рассмотрены устройства спасения и перемещения космонавтов (УСПК), самым известным из которых является SAFER, применявшийся около ста раз для выхода в открытый космос [2].

Автор концентрируется только на функции УСПК «спасение» и откреплении спасательного модуля от скафандра космонавта.

Предложенная конструкция представляет собой малый модуль, прикреплённый к внешней обшивке МКС. Модуль размещается на поворотной платформе, к которой крепится

локтевой шарнир с пусковым контейнером, внутри которого размещены лебёдка с тросом и отделяемый наноспутник стандарта CubeSat 3U с двигателями.

Алгоритм работы спасательного модуля:

1. Спасательный модуль располагается в непосредственной близости от шлюзовой камеры. Устройство поворотной платформы с шарниром позволяет модулю постоянно быть нацеленным на космонавта в полусфере действия модуля и отслеживать возможную траекторию полёта космонавта в случае возникновения нештатной ситуации.

2. В нужный момент модуль производит расчёт координат точки стыковки кубсата с космонавтом, наведение и старт кубсата с прикрепленным тросом. Пусковой контейнер высвобождает пружину и придает кубсату начальную скорость 6 м/с [3].

3. После старта электромотор лебёдки высвобождает спасательный трос, а кубсат осуществляет разгон и маневрирование с помощью газовой двигательной установки (ГДУ) на основе четырёх электроаккумулирующих газовых двигателей ЭГД5-1 производства ОКБ «Факел» [4].

4. За 5-10 секунд до стыковки с космонавтом производится торможение кубсата спасательным тросом через фрикционный механизм и относительное выравнивание их скоростей. Стыковка кубсата и космонавта в скафандре происходит на расстоянии 1,5-2 м, когда включаются электромагниты на скафандре космонавта и в кубсате. Сила электромагнитных импульсов регулируется пропорционально расстоянию между кубсатом и космонавтом.

5. Торможение космонавта происходит аналогично торможению кубсата, затем модуль медленно буксирует космонавта обратно до его контакта с МКС.

Расчёты основаны на технических характеристиках транспортно-пусковых контейнеров (ТПК) компании «Орбитальные системы», платформы «Геоскан 3U» компании «Геоскан» [5], а также ГДУ ОКБ «Факел» и других открытых данных.

Макеты ТПК и составных частей спутника спроектированы в САПР «Autodesk Inventor Professional» и «Fusion 360», напечатаны на 3D-принтере; каркас кубсата изготовлен из металлических деталей.

Обсуждение полученных результатов

Максимальные расчётные характеристики спасательного модуля составляют:

Радиус действия – 260 м;

Скорость отдаления космонавта – 7 м/с;

Запас прочности троса – шестикратный;

Скорость кубсата – 12 м/с;

Произведен детальный расчёт спасения космонавта, удаляющегося от МКС со скоростью 5 м/с; на рис. 2 представлено изменение скорости объектов в зависимости от времени.

Основные параметры: постоянная скорость космонавта – 5 м/с; максимальная скорость кубсата – 9,1 м/с; общее время до стыковки – 29,6 с; разница скоростей во время стыковки – 0,3 м/с; использовано 139 м троса; космонавт тормозится модулем 8,5 с с ускорением $0,816 \text{ м/с}^2$; обратная буксировка занимает 278 с; контакт с МКС происходит на скорости 0,5 м/с.

Расчёт учитывает снижение первоначального импульса кубсата за счёт увеличения массы троса, повышение скорости кубсата при работе четырёх двигателей (учтено снижение массы рабочего тела в ГДУ), сделаны допуски на скрутку и провисание троса.

Автор предлагает изготовить модуль спасения космонавта на основе стандарта CubeSat 3U и разместить его на внешней оболочке МКС; кубсат сочетает свободное движение за счёт четырёх двигателей и привязку космонавта к МКС спасательным тросом.

Список используемых источников:

1. Устройства передвижения космонавта. Проект GALSPACE. URL: <https://galspace.spb.ru/orbita/26.htm>.

2. Маринин И. Наедине с пространством [Текст] / И. Маринин // Русский космос. – 2024. № 12. – С. 44.

3. Транспортно-пусковые контейнеры. Компания «Орбитальные системы». URL: <https://orbsystems.ru/tpk.html>.

4. Характеристики продукции ОКБ «Факел». Отдельное конструкторское бюро «Факел». URL: <https://fakel-russia.com/produkciya>.

5. Спутниковые платформы «Геоскан». Компания «Геоскан». URL: <https://geoscan.space/r>.

Разработка методики для автономной системы поддержки принятия решений в дальних космических полетах

Паршин А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

Освоение космического пространства в том числе Луны требует разработки автономных систем поддержки принятия решений (СППР), способных эффективно функционировать в условиях неопределенности и ограниченного времени связи с Землей. Особенно остро эта проблема стоит в контексте дальних космических полетов, таких как полеты на Марс или строительство баз на других планетах, где задержка связи делает оперативное управление с Земли невозможным. СППР становятся ключевым инструментом для обеспечения безопасности и успешности полета, интегрируя данные медицинского, технического и психологического мониторинга.

В данном докладе представлено исследование необходимое для разработки методики для автономной системы поддержки принятия решений для применения в дальних космических полетах, система обеспечивает:

- анализ состояния экипажа и бортовых систем;
- прогнозирование возможных рисков;
- поддержку принятия решений в условиях неопределенности.

На сегодняшний день большинство систем управления в космосе опираются на оперативную связь с Землей, где решения принимаются специалистами на основе поступающих данных. Существующие СППР ограничиваются использованием алгоритмов, основанных на предопределенных сценариях, что снижает их гибкость в изменяющихся условиях. Телемедицинские технологии на борту Международной космической станции (МКС) обеспечивают базовый мониторинг состояния космонавтов, но требуют значительной доработки для их применения в дальних космических полетах.

Разрабатываемая СППР представляет собой ключевой элемент дальних космических полетов. В условиях задержки связи с Землей такие системы обеспечивают автономность экипажа, позволяя принимать решения на основе анализа больших объемов данных в реальном времени. Без СППР невозможна реализация долгосрочных миссий, таких как создание баз на других планетах, где оперативное взаимодействие с Землей ограничено или отсутствует. Интеграция систем искусственного интеллекта и машинного обучения в СППР обеспечит высокую точность прогнозирования и своевременное выявление потенциальных угроз.[1]

Для решения поставленного исследования предлагаются следующие методы:

- Разработка методов сбора и обработки данных для СППР в условиях длительных космических экспедиций.
- Исследование алгоритмов машинного обучения и многокритериального программирования для анализа физиологических и технических параметров.
- Моделирование сценариев работы СППР в условиях ограниченной связи.

Автономные СППР являются основой для успешного выполнения дальних космических миссий. Эти системы позволяют значительно повысить безопасность экипажа, минимизировать риски, связанные с задержкой связи, и обеспечить адаптивное управление в условиях ограниченных ресурсов. Развитие СППР станет важным шагом на пути к освоению Марса и других планет.

Список используемых источников:

1. Структура системы поддержки принятия решений (СППР) для медико-технического обеспечения обитаемой лунной базы / Л. Б. Строгонова, Ю. А. Васин, М. С. Баранов, К. П. Сафронова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 6. – С. 114-117. – EDN KNNUSR.

Анализ методов профилактики снижения плотности костной ткани у космонавтов при длительных полётах и в условиях пониженной гравитации

Педраццини Н.Н.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Вечное стремление человечества познать окружающий мир всегда было связано с необходимостью сохранить свою жизнь, работоспособность и уникальный интеллект в изменяющихся условиях новых покоренных пространств.

Актуальность этой задачи обострилась, когда человек вышел за пределы биосферы и начал освоение космического пространства и ближайших планет. Обеспечение автономного длительного существования вне Земли поставило перед человеком множество сложнейших задач, одной из которых является существование в условиях отсутствия силы тяжести.

В представленном исследовании проведен частичный анализ патологического снижения плотности костной ткани человека и сопутствующей ей миастении в результате длительного пребывания космонавтов в условиях микрогравитации.

Детально рассмотрены применяемые инструментальные и лабораторные средства диагностики и контроля за происходящими изменениями как в земных условиях, так и в процессе длительной работы на орбитальной космической станции.

Особое внимание уделяется не только изучению применяемых на практике методов профилактики и борьбы с процессами остеопении космонавтов, но и рассмотрению и оценке мирового опыта инновационных подходов преодоления этой проблемы.

В поиске системного подхода к решению актуальной проблемы современности – сохранения здоровья и работоспособности человека в трудных условиях отсутствия силы тяжести и длительного автономного проживания вне Земли будут в первую очередь использоваться те исследования, в результате которых можно получить максимальный эффект.

Далее опираясь на критерий эффективности и доступности будут востребованы те исследования, которые обеспечивают неполную, но среднюю эффективность в решении проблемы и уже в третью очередь можно прибегать к реализации решений, обеспечивающих незначительный эффект.

Целью исследования служит формулирование основ системного подхода в обеспечении безопасности здоровья костной системы участников длительных космических перелетов и работ на планетах со сниженной гравитацией.

Список используемых источников:

1. Метечко Л.Б., Голов Р.С., Сорокин А.Е. Экологические основы кластерной стратегии в аэрокосмической отрасли. Монография. Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», Москва, 2020, 295 с.

2. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Введение в экологию аэрокосмической отрасли. Учебник. – Калуга: Издательство «Эйдос», 2016. – 320с.

3. Простяков И.В., Моруков Б.В., Моруков И.Б. Динамика изменений минеральной плотности и структурной организации костной ткани космонавтов до и после космического полета// Авиакосм. и экол. мед. 2010. Т. 44, N3. С.24-28.

4. Бортовое медицинское оборудование российского сегмента Международной космической станции (РСМКС) (imbr.ru) Аэрокосмический курьер, Анатолий Носкин, №3, 2000, стр. 26-27

Моделирование динамики изменений параметров газовой среды в герметичном отсеке орбитальной станции при отказе системы вентиляции и кондиционирования воздуха

Проничева А.В.

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

МАИ, ООО «Медсталин», Москва

Обеспечение теплового и газового режимов в условиях микрогравитации на орбитальных станциях является одной из важнейших задач современной космонавтики. Поддержание температурного и газового режимов в заданных пределах необходимо для обеспечения жизнедеятельности экипажа и эффективной работы оборудования. Отказ систем обеспечения теплового и газового режимов может привести к неконтролируемым изменениям, создавая угрозу работоспособности и жизни экипажа. Аварийные ситуации, связанные с отказом систем жизнеобеспечения, могут возникнуть из-за утечки теплоносителя, поломки вентиляторов или перегрева оборудования и др., что требует точного прогнозирования действий экипажа для своевременного реагирования и спасения жизни.

Цель – оценка динамики изменений параметров воздушной среды в герметичном отсеке орбитальной станции при отказе системы вентиляции и кондиционирования воздуха (СВК ОС).

Моделирование распределения параметров воздушной среды в герметичном отсеке орбитальной станции при отказе СВК ОС выполнено с использованием численного метода в программной среде COMSOL Multiphysics. В среде проектирования SolidWorks разработана 3D-модель реального лабораторного модуля орбитальной станции LAB "Destiny" с учетом его геометрических и конструктивных особенностей [1], а также упрощенная модель человека в положении «сидя». Данные модели были интегрированы в среду COMSOL Multiphysics, где проведено численное моделирование теплофизических процессов в условиях отказа системы вентиляции и кондиционирования воздуха (СВК ОС). Численный анализ выполнен с применением модуля Heat Transfer in Fluids, позволяющего учитывать нестационарные тепловые потоки, теплопроводность газовой среды и влияние внутренних источников тепла, включая бортовое оборудование и экипаж [2]. В расчетной модели задана адиабатическая внешняя оболочка, что позволяет исключить теплопотери за пределы гермоотсека и сосредоточиться на процессах теплообмена внутри замкнутого объема.

Анализ полученных результатов показал, что при отказе СВК ОС, т.е. без активного перемещения воздуха внутри отсека, локально увеличивается температура воздуха, при этом возникают застойные газовые зоны, характеризующиеся повышенной концентрацией углекислого газа и водяного пара. В зависимости от уровня тепловыделения от приборов и оборудования скорость изменений параметров воздушной среды ОС значительно варьируется, но во всех случаях достигает критических значений, требующих немедленного вмешательства экипажа. Полученные результаты могут быть использованы для проектирования аварийных систем отвода тепла, вентиляции и кондиционирования, что повысит надежность системы жизнеобеспечения в условиях космического полета.

Список используемых источников:

1. Living Together in Space: The Design and Operation of the Life Support Systems on the International Space Station, Wieland, P. O., Marshall Space Flight Center, January 1, 1998, Report Number: NAS 1.15:206956-Vol-1.
2. Тепловая защита в космической технике / Г. М. Салахутдинов. - Москва: Знание, 1982.

Разработка авиационной эргатической системы для повышения стрессоустойчивости пилотов

Ситников А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.
МАИ, Москва

Пилот гражданской и военной авиации – одна из наиболее ответственных и экстремальных профессий. Применительно к летной деятельности стресс – это особое состояние летчика, возникающее в результате такого воздействия неблагоприятных факторов среды (в том числе отказов авиационной техники), которое представляет угрозу благополучию и жизни экипажа [1]. Под воздействием стресса могут возникать учащенное сердцебиение, потливость и мышечное напряжение, а также затруднения с концентрацией внимания, ухудшение памяти, замедление реакции, что еще более усугубляет ситуацию и может привести к ошибкам в пилотировании.

В докладе представлены некоторые аспекты разработки авиационной эргатической системы с биологически обратной связью, которая будет способствовать повышению стрессоустойчивости пилотов. Основная проблема заключается в недостаточном формировании психофизиологической готовности пилота к экстремальным ситуациям, которая становится одной из ключевых при обеспечении эффективности и безопасности функционирования системы «пилот – самолет – среда» [2].

Одним из возможных подходов к решению этой проблемы является необходимость улучшения психологической подготовки пилотов. В процессе всей летной деятельности должны постоянно поддерживаться и совершенствоваться в соответствии с развитием летной техники основные навыки, алгоритмы умственных действий и профессионально важные качества, требующиеся для преодоления экстремальных ситуаций [1].

Вторым фактором, влияющим на способность справляться с перегрузками, усталостью и эмоциональным напряжением, является уровень физической готовности пилотов. Аэробные тренировки и упражнения на выносливость способствуют общему повышению адаптационных механизмов личности в экстремальных ситуациях [3].

Для измерения и контроля физиологического состояния пилотов применяются следующие методы: электроэнцефалография, электрокардиография, кожно-гальваническая реакция, биохимический анализ крови, опросник Спилбергера-Ханина и тест К. Шнайера.

В последнее время медицинские методы дополняются биологической обратной связью. В работе рассматриваются элементы БОС для коррекции физиологического и психоэмоционального состояния для формирования стрессоустойчивости и повышения работоспособности при решении профессиональных задач у пилотов гражданской и военной авиации.

Работа выполняется при помощи математического моделирования на основе методов спектрального, корреляционного и регрессионного анализа.

Список используемых источников:

1. Бочаров, И.В. Влияние стресса на психологические характеристики деятельности летчика / И.В. Бочаров, В.В. Стрелец, Н.А. Тукайнов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 3-1(42). – С. 168-172.
2. Дмитренко, А.Ю. Профилактика стрессоустойчивости как важного компонента профессиональной ответственности военного летчика / А.Ю. Дмитренко // Стресс и эмоциональное выгорание: методы профилактики: коллективная монография. – 2019. – С. 46-55.
3. Степанова, Е.В. Физические нагрузки как средство повышения стрессоустойчивости / Е. В. Степанова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 2-5. – С. 69-71.

Перспективы использования космических оранжерей на борту автоматических космических аппаратов

Трусов И.Н.

Научный руководитель — Шангин И.А.

МАИ, Москва

В работах последних лет активно обсуждается необходимость использования высших культурных растений в качестве биологического компонента систем жизнеобеспечения человека. Включение этого компонента особенно важно при длительных космических полётах, поскольку он обеспечивает психологическую поддержку экипажа и предоставляет свежую растительную пищу. Исследования на борту орбитальных станций «Мир» и МКС показали, что контакт с зелёными растениями улучшает психологическое состояние космонавтов. Это связано с особенностями длительного пребывания человека в изоляции и психологией малых групп. Отсутствие контакта с другими живыми организмами, кроме людей, может привести к стрессу и конфликтам внутри экипажа.

Включение свежих зелёных растений в рацион космонавтов помогает адаптироваться к условиям длительной изоляции как психологически, так и с точки зрения работы иммунной и пищеварительной систем. Эксперименты по длительной изоляции членов экипажей «SIRIUS» и MARS-500 показали, что свежие овощи и фрукты улучшают аппетит, снижают стресс и уменьшают необходимость использования медицинских методов компенсации дефицита витаминов в организме. Зелёные растения также рассматриваются как компонент регенерации среды. Предлагается использовать их для переработки продуктов метаболизма человека. Проводились исследования возможности переработки урины человека с помощью зелёных растений. Космические аппараты, находящиеся на орбите и на поверхности планет, рассматриваются как источники кислорода для воздушной смеси в герметичных отсеках.

Медико-биологические эксперименты на борту автоматических космических аппаратов вносят значительный вклад в развитие космической биологии и медицины. Ранее КА «Бион» и «Фотон» доказали возможность длительного пребывания живых организмов в условиях микрогравитации. Современные биологические космические аппараты позволяют проводить космические эксперименты, которые технически или этически невозможно провести на орбитальной станции. В соответствии со стратегией развития государственной корпорации «Роскосмос» планируется проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию Российской орбитальной станции и Лунной станции. В связи с этим возникает неопределённость в отношении влияния факторов космического полёта на физиологические системы человека и обеспечение длительного пребывания экипажа в замкнутом пространстве станции. В 2025 году запланирован запуск космического аппарата «Бион-М» №2, на борту которого будут продолжены космические эксперименты с участием микроорганизмов, высших и одноклеточных растений, семян редких и лекарственных растений. Эти эксперименты позволят определить реакцию живых организмов на факторы космического полёта орбиты Российской орбитальной станции.

Для повышения качества жизни экипажа станции необходимо интегрировать зелёные растения в систему обеспечения жизнедеятельности человека. Разработка научной аппаратуры для проведения космических экспериментов с зелёными растениями до достижения ими плодоносящего возраста позволит оценить пригодность видов и технологий выращивания для дальнейшей интеграции зелёных растений в состав станции. С целью определения дальнейших перспектив проведения подобных космических экспериментов на борту автоматических космических аппаратов, необходимо проведение математических и макетных экспериментов. В работе рассмотрено математическое моделирование системы регулирования климатических условий среды в среде MATLAB/Simulink и COMSOL Multiphysics.

Список используемых источников:

1. Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Ерохин А.Н. Космические оранжереи: настоящее и будущее. М.: Слово, 2005. 368 с.
2. Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов. Учебник для втузов/ В. В. Малоземов, В. Ф. Рожнов, В. Н.Правецкий. – М.: Машиностроение, 1986, 584 с., ил.

3. Системы регенерации среды обитания космических кораблей и станций. Человек и среда обитания: 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: Изд-во МАИ, 2019. – 255 с.: ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-4316-0662-5.

4. Сычев В.Н. Биологические системы жизнеобеспечения человека-прошлого, настоящее и будущее. Москва 2021 г.

Математические и клинические методы исследования ротовой полости для реализации медико-технической программы обитаемой лунной базы

Ульянкин А.И., Ашрапова Л.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

Космическая медицина не только использует инновационные идеи из общей клинической медицины, но и дает толчок к развитию новых направлений. Высоко оценивается научным сообществом роль медицинского контроля космонавтов в развитии телемедицинского направления общей медицины. Особенно ярко проявляется данное направление при чрезвычайных ситуациях, связанных с оказанием высокопрофессиональной медицинской помощи в кратчайшие сроки. Или, например, незаменимая роль отдельных разделов телемедицины при пандемии ковида.

В докладе рассматриваются средства и методики, позволяющие обеспечить качественное длительное пребывание космонавтов на обитаемой лунной базе. Остановимся на одной из них, предлагаемые для целей космической медицины и общего здравоохранения объединённой научной группой Московского Авиационного Института (МАИ) и Российского Университета Медицины (РУМ). [1]

Сохранение здоровых зубов является одним из важнейших признаков высокого качества жизни - они обеспечивают полноценность питания, эстетический внешний вид, активный образ жизни. Кроме того, именно ротовая полость с биологическими жидкостями, интерес к изучению уникальных свойств которой, и связанных с ней диагностических возможностей, значительно возрос, обеспечивает первичную обработку пищевых продуктов во время питания и вследствие стабильную работу ЖКТ. Космическая медицина также обращает внимание на данную проблему, ввиду неблагоприятного влияния на пищеварение космонавта условий микрогравитации. [2]

Занимаясь подготовкой к комическим экспериментам (КЭ), объединённая исследовательская группа МАИ и РУМ сочла возможным применить инновационную разработку в области космической исследовательской техники и математической обработки экспериментальных материалов для решения актуальной проблемы клинической стоматологии и ортопедии.

В докладе рассматриваются математические методы обеспечения указанной разработки и экспериментальных исследований.

Таким образом, изначальная разработка биомедицинской аппаратуры для клинической медицины с учетом требований предъявляемыми к медицинской аппаратуре использующимся в космических полетах видится авторам перспективной.

Список используемых источников:

1. Васин Ю.А., Строгонова Л.Б., Ульянкин А.И., Ибрагимов Т.И., Мамедова Г.Ф., Бровко В.В. Особенности применения математического анализа малых групп в стоматологической практике // Научно-технический вестник Поволжья. №7 2024. – Казань, 2024. – С. 130-134. URL: https://ntvprt.ru/files/HTBП_7_2024.php.

2. Mellado-Valero A, Muñoz AI, Pina VG, Sola-Ruiz MF. Electrochemical Behaviour and Galvanic Effects of Titanium Implants Coupled to Metallic Suprastructures in Artificial Saliva. Materials (Basel). 2018 Jan 22;11(1):171. URL: <https://doi.org/10.3390/ma11010171>.

Исследование теплообмена человека на 5-узловой модели терморегуляции

Чередников Р.Ф., Жеребцова К.С.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Введение. Теплообмен человека – сложный физиологический процесс, определяемый взаимодействием внутренних источников тепла и механизмов терморегуляции с окружающей средой. Влияние тепловой среды может быть оценено с помощью различных показателей, таких как эффективных температур, климатических индексов, а так же различных моделей: модели прогнозируемой тепловой деформации (PHS) [1], статической модели О.Фангера положенной в основу ISO 7730: 2005, двухузловой модели Гааге положенной в основу ANSI/ASHRAE Standard 55-2013.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания более точной модели теплообмена человека. Применение программно реализованной модели позволит решать задачи, связанные с обеспечением комфортных условий жизнедеятельности, проектированием защитной одежды, оценкой влияния различных факторов на тепловой баланс организма.

Таким образом, целью работы была разработка пяти узловой модели терморегуляции организма. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить оптимальный алгоритм оценки параметров теплообмена человека для их применения в пяти узловой модели терморегуляции на основании проведенного анализа литературных источников [1-3].

2. Программно реализовать пяти узловую математическую модель терморегуляции в среде программирования MatLab.

3. Выполнить проверку работоспособности программы и отработку алгоритма оценки параметров модели терморегуляции.

Разработка программной модели теплового состояния. В отличие от признанного Международной организацией по стандартизации индекса WBGT, пяти узловая модель терморегуляции учитывает скорость метаболизма, форму тела и терморегуляторные реакции [2]. За базовую модель была принята модель, разработанная сотрудниками Научно-исследовательского испытательного центра (авиационно-космической медицины и военной эргономики, г. Москва). Данная модель построена на основных физиологических закономерностях теплообменных процессов, в соответствии с которыми общие температурные ощущения человека определяются его тепловым балансом. В отличие от двух узловой модели, разрабатываемая модель разделяет тело на пять зон: центральный кровоток, ядро головы, оболочка головы, ядро туловища, оболочка туловища.

Выбор пяти узловой модели обусловлен ее балансом между вычислительной сложностью и точностью отражения основных процессов терморегуляции. В исследовании было проведено сравнение результатов моделирования с оценками терморегуляции организма, полученных с помощью двух узловой модели теплообмена.

Система реализована в программной среде MatLab. Пользователь задает температуру окружающей среды, на которой хочет определить тепловое состояние, тип одежды, в которой находится человек, выбирает тип выводимого графика. Для вывода доступен график любого из расчетных параметров.

В результате исследования была программно реализована пяти узловая модель терморегуляции, которая позволяет более точно оценить тепловое состояние человека и влияние температурных факторов на его организм. Корректность модели была подтверждена сравнением с экспериментальными данными, представленными в работе [1].

Список используемых источников:

1. Ooka R. Improvement of sweating model in 2-Node Model and its application to thermal safety for hot environments / R. Ooka, Y. Minami, T. Sakoi, K. Tsuzuki, H. B. Rijal // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45, No. 7. – P. 1565-1573.

2. ISO 7243. Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature); 1989.

3. Кошечев В. С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода / В. С. Кошечев. – Москва: Медицина, 1981. – 288 с.

Лазерные технологии в космической офтальмологии

Чернушенко Д.А.

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

МАИ, МНТК им. Федорова, Москва

Освоение космоса, включая перспективу создания обитаемых баз на планетах Солнечной системы, сопряжено с множеством вызовов, одним из которых является обеспечение медицинской помощи в условиях большой удаленности от Земли. Радиация, измененная гравитация и другие космические неблагоприятные факторы требуют создания медицинского модуля, в том числе, для проведения различных операций, связанных с глазными заболеваниями. Примером такого заболевания является помутнение хрусталика, то есть образование катаракты [1]. Катаракта ухудшает зрительную функцию, тем самым, уменьшая работоспособность космонавта.

Единственным способом лечения катаракты в настоящее время является только хирургическое вмешательство, в ходе которого хрусталик пациента разрушается и заменяется на специальную интраокулярную линзу. В земной офтальмологии для лечения различных заболеваний зрительного аппарата, включая помутнение хрусталика, используются лазерные системы, снижающие инвазивность операции. Активно вводится изучение механизмов развития катаракты на Земле, включая влияние различных факторов риска, таких как возраст, генетическая предрасположенность, ультрафиолетовое излучение и радиация, однако как будет протекать заболевание при длительном космическом полете не известно, поэтому внедрение лазерных технологий в космическую офтальмологию является актуальной задачей для повышения эффективности хирургического лечения помутнения хрусталика в экстремальных условиях.

Целью работы являлась разработка лазерной системы для разрушения структуры катаракты во время длительных межпланетных экспедиций, а также оценка влияния лазерного луча на окружающие хрусталик ткани зрительного аппарата.

С этой целью разработана 3D-модель, которая имитирует воздействие лазерного излучения на структуры зрительного аппарата в земных условиях. Модель включает не только биологические элементы, такие как, роговица, передняя камера, заполненная влагой, хрусталик зрительного анализатора, но и технические компоненты, такие как вакуумное кольцо, фиксирующее положение глаза, и оптическую линзу, с помощью которой фокусируется лазерный луч. С использованием этой модели проведено моделирование теплового воздействия лазерного излучения с длинами волн 1030 и 800 нм на ткани зрительного аппарата при разрушении помутневшей среды хрусталика в течение 2 секунд – времени, необходимого для полного завершения процедуры «капсулотомии».

Результаты расчетного исследования показали, что при воздействии лазерного луча с длиной волны 1030 нм в течение 2 секунд максимальная температура в хрусталике составила 43°C, что ниже допустимого уровня нагрева глазных тканей (45°C). В то же время при длине волны 800 нм температура достигала 50°C, что превышает пороговые значения. При длине волны 800 нм температура передней камеры зрительного аппарата увеличилась на 5°C за 2 секунды, а при 1030 нм – всего на 3°C, что делает лазер с длиной волны равной 1030 нм более безопасным для структур глаза, но недостаточной для успешного завершения этапа «капсулотомии». Нагрев роговицы в обоих случаях не превышал 1 °C. Таким образом, на межпланетных базах безопаснее использование лазерных систем с длиной волны в 1030 нм, например, системы «Catalys».

Список используемых источников:

1. Манько Ольга Михайловна, Смолеевский Александр Егорович РИСКИ ПОРАЖЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ДЛИТЕЛЬНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ // ВКС. 2021. №2 (107).

Секция №5.5 Экологическая безопасность аэрокосмической деятельности

Оценка пожарного и экологического риска с учетом эффективности и надежности системы пожаротушения объектов космодрома

Антимонова М.А., Сладкова Е.А., Бикулов М.В.

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

МАИ, Москва

Современные объекты космической инфраструктуры предъявляют повышенные требования к пожарной безопасности. Системы, использующие фреоны в качестве огнетушащих средств, широко применяются благодаря их эффективности и способности быстро подавлять огонь. Однако данные системы сопряжены с экологическими и техносферными рисками, что делает их исследование актуальной научной задачей.

Вопросы, связанные с безопасным использованием автоматических систем, требуют глубокого анализа и всестороннего изучения. Согласно исследованию «Фреоны: особенности воздействия на окружающую среду и человека», фреоны обладают низкой токсичностью и высокой стабильностью, что делает их подходящими для промышленного применения. Однако при утечке они могут оказывать значительное негативное воздействие на здоровье человека и экосистемы. Сейчас большое внимание уделяется всестороннему изучению действия различных химических соединений на организм человека и экологию в целом. В группу риска попали и фреоны.[1]

Экологическая безопасность фреонов остаётся ключевым направлением исследований. В работе «Экологическая безопасность фреонов» подчеркивается их значительная роль в разрушении озонового слоя. Впервые проблема была выявлена в 1977 году, что стимулировало разработку более безопасных альтернатив [2]. Кроме того, исследователи отмечают необходимость внедрения систем мониторинга для контроля за утечками фреонов и их воздействием на атмосферу.

Вопросы обеспечения комплексной пожарной безопасности с учётом экологических аспектов также обсуждаются в работе «Экологические аспекты в обеспечении комплексной пожарной безопасности». В статье подчёркивается необходимость внедрения современных методологических подходы к оценке опасных объектах, таких как космодромы, где экологические последствия аварий могут быть катастрофическими [3].

Техносферная безопасность является неотъемлемой частью исследований в данной области. В сборнике «Актуальные проблемы техносферной безопасности» рассматриваются методологические подходы к оценке рисков, связанных с использованием фреонов в системах пожаротушения. Отмечается необходимость комплексного анализа техногенных факторов, влияющих на безопасность жизнедеятельности [4]

Однако большинство авторов сосредоточены на изучении отдельных аспектов проблемы, что требует комплексного подхода. Данный подход будет осуществляться на примере автоматической системы пожаротушения компрессорной станции на космодроме Восточный.

Список используемых источников:

1. Фреоны: особенности воздействия на окружающую среду и человека // НПО «Рухимпром» URL: <https://rushimprom.com/> (дата обращения: 11.11.2024).
2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ФРЕОНОВ // ника холода URL: <https://nika-holod.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
3. Бакулина, Е. С. Экологические аспекты в обеспечении комплексной пожарной безопасности многоквартирных жилых домов / Е. С. Бакулина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 50 (392). — С. 46-48. — URL: <https://moluch.ru/archive/392/86435/> (дата обращения: 16.12.2024).
4. «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ // URL: <https://elibrary.udsu.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).

Актуальные направления перехода машиностроительных предприятий к экономике замкнутого цикла

Бабердина В.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.

ООО «РСХ», МАИ, Москва

Кризисная ситуация, сложившаяся на мировом уровне в результате функционирования линейной экономической модели, характеризуется обострением таких экологических проблем, как глобальное изменение климата, увеличение площади полигонов ТКО, потеря биоразнообразия и др. По данным Росстата, с 2014 по 2023 г. количество отходов, отправляющихся на захоронение, выросло на 209% [1].

В современных реалиях на национальном уровне сложилась острая необходимость перехода к экономике замкнутого цикла (ЭЗЦ), позволяющей минимизировать образование отходов, увеличить долю использования вторичного сырья при изготовлении новой продукции и повысить ресурсо- и энергоэффективность.

Машиностроение как одно из ведущих отраслей промышленности обладает высоким потенциалом перехода к цикличной экономике, но это требует детального анализа жизненного цикла продукции, пересмотра операционных моделей, применения экологического дизайна и тесного сотрудничества компаний различных секторов.

Среди направлений деятельности российских машиностроительных предприятий, требующих наибольшего внимания для реализации принципов ЭЗЦ, следует выделить:

1. повышение энергоэффективности промышленных объектов за счет выбора подходящих материалов для футеровки и теплоизоляции в горячих цехах, уменьшения энергоемкости технологических процессов (особенно в «горячих» цехах, установки сенсоров [2];
2. внедрение робототехнических систем, замена ручного оборудования на станки с ЧПУ, загрузка простаивающих мощностей (сегодня простой оборудования в некоторых отраслях достигают 60%);
3. использование вторичных металлов для производства металлического каркаса, узлов и деталей;
4. внедрение цифровых технологий для сортировки отходов; перевод отходов во вторичное сырье с целью их возвращения в производственный процесс или передачи сторонним организациям;
5. проектирование продукции с учетом выполнения требований модульности и ремонтпригодности;
6. отслеживание потребности оборудования в ремонте и техническом обслуживании; продление срока эксплуатации за счет создания региональных сервисов постпродажного обслуживания;
7. развитие шеринговых платформ и сервисов для реализации поддерживаемых товаров собственной марки.

Предложенные мероприятия позволят реализовать переход к цикличной экономике, сократить затраты на охрану окружающей природной среды, обеспечить возврат отходов в производство, минимизировать потребление исчерпаемых природных ресурсов и уменьшить энергетические затраты, что будет способствовать повышению эколого-экономической эффективности работы машиностроительных предприятий.

Список используемых источников:

1. Образование, использование, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Галкина Е. Е., Сорокин А. Е., Кабанов А. С. Управление процессом повышения энергоэффективности на предприятиях аэрокосмической отрасли/ Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Т. 8. № 10А. С. 349-357

Передовые композиционные материалы в аэрокосмической промышленности

Бибикин Н.О., Салимгареева В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, РКК «Энергия», Москва

Современное авиа- и ракетостроение переживает масштабные изменения, ключевым элементом которых стали композитные материалы. Эти структуры представляют собой комбинацию двух компонентов: армирующего элемента, отвечающего за прочность, и матрицы, формирующей основу конструкции. Матрица, будучи непрерывной фазой, обеспечивает сохранение формы и первой принимает на себя внешние нагрузки, тогда как армирующий компонент (часто волокнистый) задает механические характеристики — жесткость, устойчивость к деформациям и долговечность.

Среди распространенных типов композитов выделяют три категории:

Стекловолокно — доступный и легкий материал с пластиковой матрицей. Хотя его прочность уступает углеродным аналогам, он менее хрупок и экономически выгоден.

Углеродное волокно — сочетает минимальный вес с выдающейся прочностью, что делает его незаменимым в аэрокосмической промышленности.

Арамидные волокна — термостойкие и сверхпрочные, применяются в бронезащите, баллистических материалах и экологичных заменителях асбеста.

Экологические преимущества композитов — их устойчивость к коррозии и усталости. В отличие от металлов, они не окисляются во влажных условиях, что продлевает срок эксплуатации конструкций и сокращает объем отходов. Например, использование стекловолокна в обшивке самолетов исключает гальваническую коррозию, характерную для алюминиевых сплавов. Кроме того, снижение веса композитных деталей напрямую влияет на топливную экономичность, уменьшая выбросы и эксплуатационные расходы.

Однако у этих материалов есть и недостатки: высокая стоимость производства, сложности в ремонте (особенно при скрытых повреждениях), а также необходимость изоляции от металлических компонентов для предотвращения коррозии.

Перспективным направлением считаются гибридные композиты, объединяющие углеродные и арамидные волокна. Такие комбинации улучшают механические свойства и позволяют создавать multifunctional конструкции. Отдельного внимания заслуживают углеродные нанотрубки — инновационный материал для защиты от электромагнитных помех. Их гибкость и прочность открывают возможности для интеграции в авиационные системы, например, для экранирования ударов молнии.

Рынок композитов продолжает расти: прогнозируется, что стекловолокно сохранит лидерство благодаря низкой цене и простоте обработки, тогда как углеродные волокна останутся востребованными в высокотехнологичных отраслях.

В заключение, композиты становятся основой экологической трансформации авиации. Их способность снижать вес, повышать энергоэффективность и продлевать жизненный цикл конструкций соответствует целям устойчивого развития. Однако для полной реализации потенциала требуется усовершенствовать технологии переработки и стандартизировать экологические критерии оценки материалов.

Список используемых источников:

1. Славин А. В., Донецкий К. И., Хрульков А. В. Перспективы применения полимерных композиционных материалов в авиационных конструкциях в 2025-2035 гг. (обзор) // Труды ВИАМ. 2022. №11 (117).

2. Перова Н. С., Никулин С. С., Внуков А. Н., Леденев А. А. Углеродные нанотрубки в производстве синтетических полимеров — основ герметизирующих материалов для аэродомных сооружений // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. №19.

3. Стронг А.Б. Основы производства композиционных материалов: материалы, методы и применение / А.Б. Стронг. — Общество производственных инженеров, 2008. — 640 с. — ISBN 978-0-87263-854-9.

4. Хафиз А., Сапуан С., Ильяс Р.А. Применение композитов в аэрокосмической промышленности // ResearchGate. — 2021. — URL:

Негативное влияние космической деятельности на экологическую среду Земли, пути решения данной проблемы

Блудов А.А., Цибарт У.И.

Научный руководитель — Гусилетов А.А.

МАИ, Москва

Активное освоение космоса может привести к заметным последствиям в околоземном пространстве. Прежде всего, речь идёт о загрязнении окружающей среды продуктами сгорания ракетных топлив при запусках ракет-носителей. В соответствии со списками космических запусков за 2019 и 2024 год [1], заметна тенденция к снижению использования НДМГ, так называемого «гептила», который способен оседать в почве и воде, что приводит к гибели растительной и животной фауны.

Согласно данным Европейского космического агентства, на август 2022 наблюдалось 31870 фрагментов космического мусора [2]. Однако, современные системы наблюдения могут зафиксировать объекты размером более 10 см на низкой околоземной орбите, следовательно, на основе статистических моделей, количество невидимого мусора достигает 131 млн фрагментов. Число только отслеживаемых частиц увеличилось в четыре раза за последние тридцать лет. Лидерами по количеству космического мусора являются США и Россия. Развитие космической отрасли может остановиться в ближайшее столетие, если не будут предприняты меры по решению проблемы загрязнения в околоземном пространстве.

Значительную часть всего космического мусора составляют обломки старых спутников. Сейчас различные компании и космические агентства разрабатывают проекты и регистрируют патенты, направленные на экологичные космические технологии [3]. Их можно систематизировать и представить в виде небольшого перечня:

1. «Зелёное», нетоксичное топливо, новые типы двигателей (лазерные, плазменные), многоразовые возвращаемые ступени.
2. Проект «магнита», способного притягивать космический мусор [4].
3. Проекты, способствующие переходу космической деятельности к чистым технологиям. Например, Clean Space Initiative – инициатива «Чистый космос» в Европейском космическом агентстве.

Учёные со всего мира продолжают искать решение данной проблемы. Так, первая миссия по утилизации космического мусора запланирована на 2025 год. ЕКА собирается запустить на орбиту аппарат, который уберёт фрагмент обломка под названием Vespa. Четырёхрукий аппарат приблизится к Vespa, захватит его и притянет обратно в атмосферу, где они оба сгорят.

Список используемых источников:

1. Gunter's Space Page. Орбитальные запуски 2024 года. [Электронный ресурс] URL: https://space.skyrocket.de/doc_chr/lau2024.htm.
2. ESA. Сеть космического наблюдения. [Электронный ресурс] URL: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Surveillance_and_Tracking_-_SST_Segment.
3. Кричевский С. В. Перспективы Космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 6–15.
4. Попов А. Ф. Устройство для сбора космического мусора. [Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2694349C1_20190711?ysclid=m7nixonjk28646033555.

Перспективы биоремедиации морскими бактериями токсических отходов жизнедеятельности космонавтов при длительных космических миссиях

Грабар В.А., Дмитриева П.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Активное изучение космоса ставит перед современной наукой необходимость осуществления длительных миссий за пределами земной орбиты. Решение этой задачи требует создания искусственной системы жизнеобеспечения, которая гарантировала бы сохранение здоровья и работоспособности космонавтов в многолетних космических полетах.

С середины прошлого столетия научная мысль ищет наиболее эффективные технологии создания «искусственной биосферы», которая могла бы функционировать по тем же законам как биосфера Земли.

Определенные успехи замкнутых круговоротов веществ в «искусственной биосфере» уже достигнуты учеными России и Китая – это 100% замыкание круговорота веществ в газообмена по кислороду, углероду и воде.

Проблема образования отходов жизнедеятельности космонавтов в длительных перелетах сейчас не разрешима. Особенно она обостряется из-за введения в обиход современного человека материалов, сложно или вовсе не разлагаемых в природной среде. Удаление отходов в открытый космос приводит к истощению ресурсов замкнутой системы жизнеобеспечения, а перспективы роста загрязнения околоземного космического пространства противоречит концепции устойчивого развития человечества.

Авторы обращают особое внимание на природоподобный способ утилизации токсических отходов с помощью биоремедиации морскими бактериями. По предположительным оценкам современных микробиологов, он позволит перерабатывать до 85% вредных веществ, образующихся на космических станциях, в полезные ресурсы.

Токсичные отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности космонавтов, представляют собой серьезную угрозу, а в замкнутых экосистемах жизнеобеспечения при перелетах в несколько лет приведут к гибели «искусственной биосферы». Детальное исследование и изучение такого метода утилизации опасных отходов в химическом, бактериологическом и санитарно-гигиеническом отношении может стать решением этой проблемы.

Исследование возможных методов биоремедиации с применением различных видов бактерий, микроводорослей и растений открывает новые горизонты для экологической науки в космической деятельности.

Для повышения внимания к описанной проблеме, повышение знаний в области биосферики, созданию изолированных систем жизнеобеспечения, природоподобного типа, необходимо увеличение часов экологических дисциплин профильной направленности в аэрокосмических вузах и факультетах. В прежние годы тенденции увеличения внимания техническим и инженерным дисциплинам в ущерб экологическим, биологическим и биотехническим дисциплинам царили в профильных космических вузах и факультетах. Дисциплины экологической направленности считали необязательными. К сожалению, экологическая культура, экологическое образование и экологические знания большинства технических инженерных специалистов, выпускаемых вузах космической направленности недостаточна.

Авторами проведен онлайн опрос студентов МАИ для оценки осведомленности и заинтересованности в научной профессиональной сфере. По его результатам было выявлено, что из 150 участников лишь 82% осведомлены о проблеме создания искусственной биосферы для длительных космических полетов. Более того, только 12% респондентов считают метод биоремедиации наиболее эффективным способом утилизации отходов из-за низкой информированности в данной отрасли. При опросе студентов об их желании разбираться в этой области более подробно, 78% ответили положительно.

Будущее за экологическим мышлением специалистов аэрокосмической деятельности, поскольку оно позволяет максимально использовать их потенциал в будущих космических миссиях.

Подводя итог вышеизложенному, авторы пришли к выводу, что биоремедиация токсичных отходов морскими бактериями на космических станциях представляет собой многообещающее направление, а экологические дисциплины профильной направленности необходимы в космических университетах, вузах и факультетах, поскольку они способствуют устойчивому развитию и созданию безопасных условий для здоровья и работоспособности космонавтов.

Список используемых источников:

1. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Введение в экологию аэрокосмической отрасли. Учебник. – Калуга: Издательство «Эйдос», 2016. 320 с.
2. Балабко П.Н., Хуснетдинова Т.И., Метечко Л.Б., Сорокин А.Е. Аэрокосмический почвенно-экологический мониторинг педосферы Земли (на примере Российской Федерации и сопредельных территорий): монография / Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова ; Московский авиационный институт. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и КО», 2024. 276 с.
3. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Метечко Л.Б. и др. Экологические основы кластерной стратегии в аэрокосмической отрасли: монография. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и КО», 2020. 295 с.

МАГЛЕВ – современный высокоскоростной экологически чистый транспорт повышенной комфортности

Дмитриева П.А., Грабар В.А.

Научный руководитель — профессор, к.ф.-м.н. Измайлов Г.Н.
МАИ, РКК «Энергия», Москва

МАГЛЕВ (магнитная левитация) представляет собой одно из самых перспективных направлений в области высокоскоростного и экологически чистого транспорта. В условиях глобальных климатических изменений и растущих экологических проблем необходимость в устойчивым и эффективным транспортном решении становится всё более актуальной. Традиционные виды транспорта, работающие на ископаемых топливах, наносят значительный вред окружающей среде, способствуя загрязнению воздуха и изменению климата. В этом контексте МАГЛЕВ представляет собой инновационное решение, обеспечивающее высокие скорости передвижения без негативного воздействия на природу.

Принцип работы МАГЛЕВ основан на магнитной левитации, что позволяет поездам подниматься над рельсами и двигаться без трения. Это достигается за счет использования мощных магнитов, которые создают магнитное поле, удерживающее поезд в воздухе. В результате такого взаимодействия между магнитами поезд может развивать скорость, значительно превышающую скорости традиционных поездов, одновременно снижая уровень вибрации и шума. Отсутствие трения также приводит к снижению износа компонентов системы, что в свою очередь уменьшает потребность в частом техническом обслуживании и ремонте.

Одним из ключевых преимуществ МАГЛЕВ является его экологическая чистота. Поезда, использующие магнитную левитацию, могут работать на электричестве, что позволяет использовать возобновляемые источники энергии, такие как солнечные и ветряные станции, для их питания. Это существенно снижает уровень выбросов углерода и других вредных веществ в атмосферу по сравнению с традиционными транспортными средствами, работающими на ископаемых топливах. Кроме того, МАГЛЕВ имеет потенциал для интеграции с другими видами экологически чистого транспорта, что может привести к созданию единой, устойчивой транспортной системы.

Внедрение МАГЛЕВ-технологий в общественный транспорт также может повысить комфорт для пассажиров. Высокие скорости, плавность хода и современные системы управления позволяют создать комфортные условия для поездок, что делает МАГЛЕВ привлекательным вариантом для пользователей. К тому же, продвинутые системы автоматизации и управления движением значительно увеличивают безопасность, минимизируя риск человеческого фактора.

Для достижения максимальной эффективности и устойчивости системы МАГЛЕВ необходимо проводить дальнейшие исследования и разработки. Это включает в себя изучение новых материалов для создания более легких и прочных поездов, а также разработку более эффективных магнитных систем. К тому же, важно рассмотреть вопросы интеграции МАГЛЕВ в существующую транспортную инфраструктуру, чтобы обеспечить его совместимость с другими видами транспорта.

Таким образом, МАГЛЕВ представляет собой не только высокоскоростной и комфортный вид транспорта, но и решение для многих актуальных экологических проблем современности. Инвестиции в данную технологию могут привести к созданию более безопасной, эффективной и экологически чистой транспортной системы, отвечающей современным требованиям и ожиданиям общества. Важно продолжать развивать и внедрять МАГЛЕВ в транспортные сети, чтобы обеспечить устойчивое будущее как для городов, так и для планеты в целом.

Список используемых источников:

1. Ван Т. С., Цзэн Е.-К. Новая система электромагнитной левитации для скоростного транспорта и высокоскоростного транспорта. IEEE Transactions on Magnetics, т. 30, No 6, стр. 4734-4736.
2. Ку Цз., Чжао Х., Чжао Л. Исследование магнитной модели низкоомного ленточного конвейера с постоянными магнитами. IEEE Transactions on Magnetics, Т. 7, С. 3, 2016.
3. Пан В., Ту Г. Проектирование оптимальных многоскоростных контроллеров для электромагнитных подвесных систем за счет оптимизации линейных матричных неравенств. Journal of Applied Physics, Т. 117, С. 17, 2015.
4. Ли Ч., Чжоу Л. Динамический расчет системы магнитной левитации, приводимой в движение линейным синхронным двигателем. Journal of system Design and Dynamic, Т. 65, С. 11, 2016.

Экологическая проблематика программы «Морской старт» от компании S7 Group

Ефимова А.А., Киселев Д.А., Варенев И.А.
Научный руководитель — Гусилетов А.А.
МАИ, Москва

Проект «Морской старт» представляет собой уникальную концепцию по запуску ракетноносителей с плавучей платформы, расположенной в экваториальных водах. Он был задуман для оптимизации условий запуска ракет и увеличения их эффективности, так как из-за близости к экватору ракеты могут использовать меньше топлива для выхода на орбиту.

Идея заключается в том, что ракеты запускаются не с наземных площадок, а с корабля, который может перемещаться в разных точках океана. Это позволяет избежать множества ограничений, связанных с наземной космической инфраструктурой, такими как метеорологические условия, ограничения по населённым пунктам и другие факторы. Кроме того, запуск с экватора предоставлял возможность использовать более выгодные траектории для выхода в космос, что особенно важно для коммерческих запусков спутников.

Проект «Морской старт» был инициирован в середине 1990-х годов и стал совместным предприятием между американскими, российскими и норвежскими компаниями. Первоначальные запуски проводились с баржи, расположенной в Тихом океане, и использовали российскую ракету «Зенит». Этот проект получил популярность благодаря своей гибкости и возможности проводить запуски в различных условиях, а также благодаря привлекательным ценам на коммерческие услуги по запуску спутников.

Проект «Морской старт», представлявший собой уникальную концепцию космических запусков с плавучей платформы, прекратил свое существование по ряду причин, связанных как с экономическими и организационными, так и с экологическими аспектами.

Экологическая проблема проекта «Морской старт» связана с несколькими аспектами, которые затрагивают как моря, так и атмосферу. Одной из основных проблем является потенциальное воздействие на морскую среду. Запуски ракет вызывают выбросы топлива и

других веществ в океан, что может негативно повлиять на экосистемы, особенно в районах, где происходят запуски. Например, остатки топлива, токсичные материалы и обломки ракет могут загрязнять воды, а также оказывать влияние на морскую флору и фауну, включая рыбу и другие морские организмы.

Кроме того, существует обеспокоенность по поводу шума и вибраций, которые производят ракеты во время старта. Эти факторы могут травмировать морских животных, особенно млекопитающих, таких как дельфины и киты, которые могут быть чувствительны к звуковым волнам и изменениям в окружающей среде.

Другой значимой экологической проблемой является воздействие на атмосферу. Ракеты, как правило, выделяют значительное количество углерода и других парниковых газов, что может способствовать глобальному потеплению. Особенно это актуально для ракет, использующих ракеты с жидким топливом, так как их выбросы могут оказывать воздействие на озоновый слой.

Также следует учитывать аспекты, связанные с безопасностью. Непреднамеренные аварии или пожары, произошедшие во время запуска, могут привести к серьезным экологическим катастрофам, включая разливы топлива и повреждения окружающей среды. Хотя индустрия космических запусков постоянно работает над снижением рисков, потенциальные угрозы остаются.

Таким образом, несмотря на технологический прогресс и экологические меры, связанные с проектом «Морской старт», существует множество вызовов, которые необходимо учитывать для минимизации воздействия на окружающую среду. Совершенствование технологий, использование более экологически чистых материалов и строгие экологические регуляции могут помочь в смягчении этих вопросов, но полное их устранение пока невозможно.

Список используемых источников:

1. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Тихонов А.И., Новиков С.В. Внедрение Эколого-компенсационных систем по снижению антропогенных загрязнений прибрежных акваторий // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2017. № 1. С. 265-288.
2. Гусилетов А.А. Проблемы воздействия авиационными предприятиями на окружающую среду и методы по их снижению // В книге: Сочетанные экологические риски Земли и Космоса. Материалы молодежной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 53-54.

Влияние на экологическую безопасность при утилизации твёрдотопливных ракет

Карпухина Т.А., Максимова П.В., Краснобаева Д.Ю.

Научный руководитель — к.воен.н. Костенко В.А.

МАИ, Москва

Утилизация твердотопливных ракет, в том числе зарядов топлив, являющихся основным источником опасности, неразрывно связана с обеспечением экологической безопасности. При этом большое внимание уделяется решению экономических вопросов, в том числе сокращению расходов федерального бюджета на утилизацию. Затраты на мероприятия по обеспечению экологической безопасности (ЭБ) при утилизации зарядов топлив могут быть существенно снижены за счет ресурсосбережения.

Так как утилизируемые твердотопливные заряды образуются либо в процессе производства (отбракованные изделия), либо по завершении эксплуатации с последующим удалением с объекта эксплуатации, то они относятся к отходам производства.

Ресурсосбережение позволяет изменить статус «отходов производства» и отнести их либо к вторичным ресурсам, либо к полезной продукции (при получении востребованных веществ в результате обработки топлив). Поэтому обеспечение ЭБ должно включать в себя ресурсосбережение как неотъемлемую основную часть.

К настоящему времени известно большое количество способов утилизации твердотопливных зарядов. Довольно условно, все способы разрушения зарядов как с утилизацией компонентной базы или потенциальной энергии топлив, так и без нее, можно разделить на две группы: с сохранением компонентной базы и без сохранения компонентной базы.

К числу способов с сохранением компонентной базы, позволяющих извлечь из разрушаемых зарядов некоторые дорогостоящие компоненты, следует отнести различные способы извлечения твердого топлива из корпуса путем дезинтеграции (разукрупнения, измельчения или растворения) зарядов с последующей переработкой топливных фрагментов или растворов. Разрушение заряда, в основном, рассматривается как подготовительный этап перед последующей утилизацией топлив.

В настоящее время единственным используемым на практике способом утилизации твердотопливных зарядов является сжигание. Метод сжигания довольно условно можно отнести к ресурсосберегающим, так как безвозвратно теряется компонентная база. Тем не менее, к возвратным ресурсам можно отнести образующиеся в результате сгорания топлив тепловую энергию и оксиды металлов.

Учитывая особенности топлив, содержащих дорогостоящие вещества, экономически целесообразно применение способов с извлечением отдельных дорогостоящих компонентов. При этом наиболее привлекательными являются способы с использованием селективной экстракции компонентов из топливной композиции при нормальных условиях. При реализации данных способов выход целевого продукта может составлять более 90%, а значения характеристик извлекаемых компонентов делают возможным их вторичное использование в топливных композициях.

Таким образом, ресурсосбережение позволяет значительно сократить затраты как на утилизацию твердотопливных ракет, так и на изготовление новых изделий в случае применения получаемых вторичных ресурсов в качестве компонентной базы.

Список используемых источников:

1. С. Бурдюгов, М. Корепанов, Николай Кузнецов, М. Кургузкин, В. Мелешко, Б. Мокрушин, А. Поник, В. Тенев. Утилизация твердотопливных ракетных двигателей/ // Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика – Москва: 2008. – С. 360.
2. Л. В. Забелин Основы промышленной технологии утилизации крупногабаритных твердотопливных зарядов:// Москва : Недра, 2004, – С. 225.
3. Бурдюгов С.И. Экологически ориентированная система утилизации двигателей твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет/ В.И. Вайсман, С.В.Карманова, // Научные и информационные издания ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас». – 2015. – № 2. – С. 2-8. – 621.454.3:658.567.5+504.064.47.

Разработка многоцелевого беспилотного летательного аппарата с дистанционной лазерной зарядкой

Киселев Д.А., Ефимова А.А., Янин Д.В.

Научный руководитель — Гусилетов А.А.

МАИ, Москва

Использование дистанционной лазерной зарядки для беспилотных летательных аппаратов представляет собой значительный шаг вперед с экологической точки зрения, так как помогает сократить воздействие на окружающую среду. В традиционных вариантах эксплуатации БПЛА часто используются съемные аккумуляторы, которые подлежат замене по мере истощения их ресурса, что приводит к созданию значительного объема электронных отходов. Лазерная зарядка способна снизить необходимость в частых заменах батарей или использовании генераторов на ископаемом топливе для их подзарядки, что способствует уменьшению выбросов углекислого газа и снижению уровня загрязнения.

Благодаря возможности обеспечивать бесперебойную работу БПЛА на протяжении длительного времени без их посадки для подзарядки, лазерная система зарядки уменьшает

потребность в дополнительных транспортных средствах или людях, задействованных в процессе обслуживания, что, в свою очередь, уменьшает углеродный след. Например, дроны, работающие от лазерной подзарядки, смогут патрулировать обширные территории и выполнять задачи, такие как контроль за лесными пожарами или наблюдение за вырубкой лесов, без необходимости регулярной доставки топлива или замены батарей.

Однако применение данной технологии требует внимательного подхода и в плане её экологической безопасности. Превращение лазерной энергии в электричество должно быть максимально энергоэффективным, чтобы минимизировать потери, а также использовать энергосистемы на возобновляемых источниках энергии (например, солнечные или ветровые станции), что существенно снизит зависимость от традиционных ископаемых видов топлива. Помимо этого, безопасность самого лазерного излучения для флоры и фауны должна быть подтверждена, чтобы избежать негативного воздействия на экосистемы.

Благодаря внедрению таких технологий, можно значительно снизить экологическую нагрузку, связанную с интенсивной эксплуатацией и утилизацией батарей, а также минимизировать использование ресурсов в операциях с БПЛА. В итоге, дистанционная лазерная зарядка представляет собой реальное решение для "зеленого" будущего, где технологии будут гармонично сосуществовать с природой, способствуя её защите и восстановлению.

Разработка экологически безопасной и экономически эффективной стратегии осуществления аэрокосмической деятельности

Милто Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Последние годы глобальная экономика пережила сложные испытания, однако были открыты новые горизонты в сфере транспорта, что способствовало росту грузовых перевозок. Например, авиационная индустрия стремится к углеродной нейтральности, активно переходя на низкоуглеродные виды топлива. А проектирование космических аппаратов включает использование экологически чистых материалов и альтернативных источников энергии, что снижает потребность. Важным аспектом является управление космическими отходами: проектирование аппаратов с возможностью разборки и переработки минимизирует количество отходов и предотвращает загрязнение орбит.

Эффективные способы запуска, такие как многоразовые ракеты или электромагнитные ускорители, помогают снизить выбросы и затраты, улучшая ресурсопользование. Международное сотрудничество между космическими агентствами помогут создать стратегию по инновационным технологиям, включая искусственный интеллект и наноматериалы, оптимизируя процессы и снижая вес аппаратов.

Экономическая модель, поддерживающая экологически чистые технологии, через инвестиции в стартапы и налоговые льготы ускорит переход к устойчивым решениям.

В России поддержка аэрокосмической отрасли направлена на учёт их особенностей для достижения целей «зеленого» финансирования, которое уже сейчас стало важным шагом к достижению устойчивого развития. По прогнозам, глобальные «зеленые» проекты будут вложено около 100 трлн долларов. Для достижения эффективного экологического реформирования в России необходима синергия между государственными институтами, бизнесом и финансовым сектором.

Развитие зеленого финансирования в нашей стране имеет критическое значение, поскольку она входит в десятку стран с наибольшими выбросами CO₂, а оценка ущерба от загрязнения составляет до 6% ВВП. В 2021 году расходы на охрану окружающей среды достигли 988,6 млрд рублей, что составляет 0,9% от ВВП. Одним из ключевых факторов роста «зеленых» инвестиций стали облигации, объём которых возрастает. Несмотря на активное развитие данного сегмента, это всего лишь 1% от капитализации мирового рынка.

Современные глобальные тренды требуют перехода к экологически устойчивым бизнес-моделям, и аэрокосмическая отрасль начинает внедрять «зеленые» технологии. Финансовые

учреждения усиливают требования к ESG-показателям, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к развитию зеленого финансирования в России. Для успешного продвижения в этом направлении нужны скоординированные действия всех заинтересованных сторон, ведь только союз усилий может обеспечить устойчивое и экологичное будущее экономики.

Список используемых источников:

1. Доклад о мировых инвестициях за 2018 г.
2. Communication from the Commission. Action Plan: Financing Sustainable Growth.
3. The Global Risk Report 2018.
4. Steer and Kestrel Verifiers, 'Sustainable finance taxonomy for the aviation sector. Final Report. Study Contract MOVE/EI/2020-2026, Available at Sustainable finance taxonomy for the aviation sector.

Правовые аспекты экологической безопасности космической деятельности

Нагибин П.Г., Родзиковский Т.А.

Научный руководитель — Гусилетов А.А.

МАИ, Москва

Международная правовая база: экологическая безопасность космической деятельности регулируется рядом международных договоров и соглашений. Основные из них включают Договор о космосе 1967 года, Конвенцию о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство 1974 года, а также принципы Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства. Эти документы устанавливают общие нормы и обязательства государств по предотвращению загрязнения околоземной орбиты и защиты окружающей среды от негативного воздействия космических миссий.

Проблематика космического мусора: одной из ключевых проблем является накопление космического мусора — обломков спутников, ракет и прочих объектов, которые остаются на орбите после завершения своей миссии. Космический мусор представляет угрозу для действующих аппаратов и может привести к катастрофическим авариям. Международное сообщество предпринимает усилия по разработке правовых норм, направленных на минимизацию образования нового мусора и удаление уже существующего.

Защита планетарных сред: другим важным аспектом экологической безопасности является защита естественных условий других небесных тел. Статья IX Договора о космосе требует от стран принимать меры для предотвращения заражения и контаминации внеземных объектов, особенно тех, где возможно наличие жизни. Это имеет особое значение в контексте будущих пилотируемых миссий на Марс и Луну.

Регулирование коммерческих космических проектов: в последние годы наблюдается рост частных инициатив в области освоения космоса. Это создает необходимость усиления правового регулирования коммерческой космической деятельности. Государства обязаны обеспечивать соблюдение экологических стандартов частными компаниями, работающими в сфере космонавтики, чтобы минимизировать риск негативных последствий для окружающей среды.

Ответственность за ущерб: важный правовой вопрос касается ответственности государства за ущерб, нанесенный его космическими объектами другим странам или объектам. Согласно международному праву, государство несет ответственность за деятельность своих организаций в космосе, включая компенсацию ущерба, вызванного авариями или загрязнением.

Национальное законодательство: национальные правовые системы также играют роль в регулировании экологической безопасности космической деятельности. Примером может служить законодательство США, которое устанавливает требования к лицензированию запусков, проведению экологических оценок и управлению отходами в рамках космических.

Будущие вызовы и перспективы: С увеличением частоты запусков и расширением масштабов космической активности, возникает потребность в дальнейшем развитии международного права, направленного на защиту экосистем Земли и других планет.

Возможно, потребуются новые соглашения и механизмы контроля для обеспечения устойчивого развития космической отрасли.

Список используемых источников:

1. Московский журнал международного права. 2024. №2. Теоретические основы международно-правового аспекта удаления «Космического мусора». Орешников А.М.
2. Международно-правовые аспекты проблемы экологии космоса.

Магнитные бури и их влияние на биосферу

Серебрякова К.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Магнитные бури представляют собой мощные возмущения геомагнитного поля, вызванные взаимодействием солнечного ветра с магнитосферой Земли. Возникновение такой неблагоприятной космической погоды связано с действием вспышек на Солнце, во время которых происходит выброс огромного количества заряженных частиц, достигающих Земли и вызывающих изменения в ее магнитосфере.

В 1930-х годах учёные заметили связь между сбоями на телефонной станции и увеличением числа инфарктов и инсультов среди пожилых людей в Ницце. Впоследствии это открытие вызвало много споров о влиянии солнечной активности на техносферу и человека. Однако магнитные бури могут вызывать изменения в том числе в поведении животных, особенно мигрирующих, так как многие из них ориентируются с помощью земного магнитного поля, которое становится нестабильным в период солнечной активности.

Интенсивность магнитных бурь во многом зависит от сезона, широты и времени дня, а главное – от самого человека, а точнее – от состояния его здоровья. Сильные и выносливые организмы легко справляются с возмущением геомагнитного поля Земли и практически не ощущают этих колебаний; страдают в основном младенцы, старики, а также люди, находящиеся в пограничном состоянии – роженицы, люди с сердечно-сосудистыми заболеваниями и обладатели особых молекул – флавинадениндинуклеотидов (FAD), высокая концентрация которых повышает чувствительность к изменениям магнитного поля. Чем больше этих молекул в организме, тем сильнее реакция на магнитные бури.

Влияние магнитных бурь на человека велико, и вызывать это явление может как головокружение и головную боль, так и специфическое психологическое состояние, включающее в себя тревожность, нестабильность настроения, меланхоличность и озадаченность философскими вопросами.

Изучение влияния магнитных бурь на природу и человека, а также поиск мер противодействия им – крайне важны для разумного и устойчивого развития мирового общества. Только мощнейшие возможности человеческого разума, сравнимые по силе с космическими явлениями смогут реализовать концепцию В.И. Вернадского о переходе Биосферы в Ноосферу и приблизить эпоху разумного и безопасного природопользования в рамках устойчивого развития.

Список используемых источников:

1. Почему одни люди страдают от магнитных бурь, а другие - нет: все дело в особых молекулах. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27471/4726884/> (дата обращения: 01.01.2025).
2. Что такое магнитные бури и чем они опасны? Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2024/05/31/magnitnye-buri/> (дата обращения: 10.01.2025).
3. Магнитные бури: природа и влияние на человека. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://ria.ru/20091030/191289322.html> (дата обращения: 10.01.2025).
4. В. С. Мартынюк, Н. А. Темурыянец, Б. М. Владимирский У природы нет плохой погоды: космическая погода в нашей жизни. – Киев: Издатель В.С. Мартынюк, 2008. – 212 с.

Методика оценки природно-ресурсного потенциала (ПРП) агроландшафтов территории России

Серов Ю.А., Королева Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

Т1, Москва

Науки о земледелии, почвоведении, геохимии, ландшафтоведении в совокупности дали базис для оценки ПРП агроландшафтов. Данная оценка появилась в результате объединения таких методик как бонитировка почв, исследование её свойств, типов и подтипов, анализа климатических условий и других почвоведческих изысканий употребительно к аграрной отрасли экономики.

Оценка ПРП проводится для почв, которые активно используются в сельском хозяйстве. В её ходе анализируются агроклиматические показатели, определяющие производительность сельскохозяйственных культур. Каждый тип почвы и агроклиматические параметры оцениваются от 5 до 100 баллов. Чтобы рассчитать окончательный результат ПРП исследуемого агроландшафта применяют информационно-логический анализ. В полученных уравнениях показатели размещаются по мере ослабления их воздействия на урожай. Агроландшафтам дается оценка, при этом принимаются во внимание свойства почв и параметры, описывающие условия тепло- и влагообеспеченности. Оценка ПРП выполняется в соответствии с информацией, полученной из георесурсной базы данных (Георесурсная БД) и важными агроклиматическими параметрами территории.

Оценка ПРП землепользования происходит в несколько шагов. Этап 1. Поиск реальных данных о почвах, условиях тепло- и влагообеспеченности. Этап 2. Оценка типов (подтипов) почв, значений сумм температур выше 10°C, годовых сумм осадков в баллах. Этап 3. Подсчет окончательного значения ПРП по известным формулам.

Благодаря оценке ПРП территории можно узнать заложенный потенциал почвы изучаемой местности. Более того, оценка потенциала приводит к пониманию того, как именно и в каких целях в дальнейшем можно эксплуатировать почвы в исследуемом районе. Заблаговременное знание этой информации окажет содействие людям в рационализации использования многих ресурсов, в частности времени, денежных средств и рабочей силы населения.

Список используемых источников:

1. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М.: Почв. Ин-т им. В. В. Докучаева. ООО «АПР», 2012. 122 с.
2. Куролап С. А., Федотов В. И., Купrienko В. Ю. Интегральная оценка природно-ресурсного потенциала // В сборнике: Эколого-географический Атлас-книга Воронежской области Русское географическое общество, Воронежский государственный университет. Воронеж, 2013. С. 236–239.
3. URL: <https://jbooks.ru/archive/issue-31/article-1/>; DOI: 10.18522/2308-9709-2020-31-1.

Современные пути декарбонизации авиастроительного предприятия

Строгова С.А., Бабердина В.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.

МАИ, Москва

В условиях глобальных климатических изменений, характеризующихся ростом приземной температуры нижних слоев атмосферы, наблюдается увеличение экологических рисков. Они оказывают негативное влияние на экономические показатели предприятий и государства, в связи с чем необходимо решение задачи декарбонизации производства. На обрабатывающую промышленность, к которой относится авиационная отрасль, приходится около 20% выбросов парниковых газов (ПГ) [1]. Несмотря на формирующуюся в последние годы тенденцию принятия адаптационных мер, декарбонизация как стратегия по сокращению выбросов ПГ сохраняет ведущие позиции на глобальном и национальном уровне и применяется организациями различных секторов экономики.

При рассмотрении особенностей климатического регулирования в России, находящегося на начальном этапе своего развития, можно выявить несколько групп инструментов, которые в средне- и долгосрочной перспективе окажут наибольшее влияние на положение отечественных авиастроительных предприятий: административно-правовые (изменение и расширение законодательных требований, введение квот); экономические меры взыскания (штрафные санкции, плата за загрязнение окружающей среды); административно-контрольные (инвентаризация источников выбросов ПГ, обязательная отчетность, экологический контроль и надзор за промышленными объектами в РФ); финансово-экономические стимулы (привлечение инвестиций, налоговые преференции, субсидии и льготные условия кредитования); рыночные (система торговли углеродными единицами, деятельность отраслевых рынков); технологические (НДТ, передовые достижения НИОКР); методологические (методики определения количественных и качественных параметров выбросов ПГ; образовательные и информационные).

Для реализации эффективных мероприятий по декарбонизации авиастроительным предприятиям можно рекомендовать проведение работ по следующим направлениям:

1. Снижение прямых выбросов за счет внедрения технологий улавливания, применения и захоронения углекислого газа, переход от использования мазута и угля на природный газ, использование собственных ВИЭ, повышения доли вторичного сырья в продукции, минимизация утечек, повышение энергоэффективности производства (на основе рекомендаций ISO), рекуперация тепловой энергии, проведение НИОКР.

2. Минимизация энергетических косвенных выбросов путем повышения ресурсо- и энергоэффективности производств и снижения потребления электрической энергии и водных ресурсов, поступающих от сторонних организаций, покупка электроэнергии у производителей, работающих на ВИЭ.

3. Уменьшение неэнергетических косвенных выбросов с помощью ответственного инвестирования, «зеленых» закупок и разработки рекомендаций для потребителей с целью повышения энергоэффективности продукции, произведенной для гражданского сектора.

Реализация перечисленных мероприятий позволит российским авиастроительным компаниям минимизировать риски, связанные с климатической повесткой, и уменьшить углеродный след выпускаемых изделий.

Список используемых источников:

1. Охрана окружающей среды в России. 2024: Стат. сб./Росстат. – М., 2024. – 118 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (дата обращения: 15.02.2025).

2. Галкина Е. Е., Сорокин А. Е., Кабанов А. С. Управление процессом повышения энергоэффективности на предприятиях аэрокосмической отрасли/ Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Т. 8. № 10А. С. 349-357.

Аэрокосмические способы экологического мониторинга

Шпагина А.О.

Научный руководитель — Гусилетов А.А.

МАИ, Москва

Аэрокосмические технологии представляют собой одну из наиболее динамично развивающихся областей науки и техники, которая находит все более широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к экологическим вопросам, что связано с глобальными изменениями климата, ухудшением состояния окружающей среды и необходимостью устойчивого управления природными ресурсами. В этом контексте аэрокосмические способы экологического мониторинга становятся неотъемлемой частью системы наблюдений за состоянием экосистем, позволяя получать актуальные и точные данные о состоянии окружающей среды на больших территориях.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки и внедрения эффективных методов мониторинга, которые могут обеспечить своевременное выявление экологических проблем и способствовать их решению. Аэрокосмические технологии, такие как спутниковая съемка, использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и

аэростатов, предоставляют уникальные возможности для сбора информации о состоянии экосистем, что делает их незаменимыми инструментами в экологических исследованиях. Эти технологии позволяют осуществлять мониторинг в реальном времени, что особенно важно в условиях быстроменяющейся окружающей среды.

В данной работе освещены несколько ключевых тем, связанных с аэрокосмическими способами экологического мониторинга. В первой части представлен обзор аэрокосмических технологий, включая их историю, развитие и основные принципы работы. Это позволяет читателю лучше понять, как эти технологии эволюционировали и какие возможности они открывают для экологического мониторинга.

Далее рассматривается разнообразие типов аэрокосмических платформ, используемых для мониторинга окружающей среды. Это включает в себя как традиционные самолеты и вертолеты, так и современные беспилотные летательные аппараты и спутники. Каждая из этих платформ имеет свои преимущества и недостатки, которые проанализированы в контексте их применения для экологического мониторинга.

Следующий раздел посвящен методам дистанционного сенсорного мониторинга, которые позволяют собирать данные о состоянии экосистем без непосредственного контакта с объектами исследования. Рассмотрены различные типы сенсоров, используемых для измерения экологических показателей, таких как температура, влажность, уровень загрязнения и другие параметры, а также методы обработки и анализа полученных данных.

Важной частью работы является анализ примеров применения аэрокосмических технологий в реальных условиях. Приведены конкретные кейсы, демонстрирующие, как аэрокосмические методы помогли в решении экологических проблем, таких как мониторинг лесных пожаров, загрязнение водоемов, изменение ландшафта и другие аспекты, требующие внимания со стороны экологов и государственных структур.

Кроме того, проведен анализ изменений в экосистемах, который позволяет понять, как аэрокосмические технологии могут способствовать более глубокому пониманию динамики природных процессов и их влияния на окружающую среду. Это включает в себя изучение изменений в растительном покрове, миграции животных, а также влияние климатических изменений на экосистемы.

Однако, несмотря на все преимущества аэрокосмических технологий, существуют и определенные проблемы и ограничения, связанные с их использованием. В работе рассмотрены основные вызовы, с которыми сталкиваются исследователи и практики, включая технические, финансовые и правовые аспекты, а также вопросы точности и надежности получаемых данных.

Наконец, в заключительной части работы обсуждено будущее аэрокосмического экологического мониторинга. В условиях стремительного развития технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и большие данные, открываются новые горизонты для улучшения методов мониторинга и анализа экологических данных. Рассмотрены перспективы интеграции аэрокосмических технологий с другими подходами к экологическому мониторингу, а также возможности для повышения эффективности управления природными ресурсами и охраны окружающей среды.

Таким образом, данная работа направлена на всестороннее освещение аэрокосмических способов экологического мониторинга, их значимости и потенциала в решении актуальных экологических проблем, что делает ее важным вкладом в развитие данной области знаний.

Список используемых источников:

1. Кричевский Сергей Владимирович Экологичные аэрокосмические технологии и проекты: методология, история, перспективы // Воздушно-космическая сфера.
2. Финогеев Алексей Германович, Дильман Владимир Борисович, Маслов Владимир Алексеевич, Финогеев Антон Алексеевич Система удаленного мониторинга и управления сетями теплоснабжения на базе сенсорных сетей // Прикладная информатика.
3. Меньшиков В. А., Пушкарский С. В., Черкас С. В. Проект создания международной аэрокосмической системы глобального мониторинга: современное состояние и перспективы реализации // Информационно-управляющие системы.

Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Секция №6.1 Робототехника и интеллектуальные системы

Программный комплекс для обоснования обликowych характеристик беспилотного летательного аппарата, применяемого для задач нанесения удара по морским целям

Акулов Р.А., Савинков Н.Т.

Научный руководитель — Мыскин Д.Н.

МАИ, ВК ЛО МО РФ, Москва

В операциях на морских театрах военных действий, могут эффективно применяться беспилотные авиационные комплексы для обеспечения целеуказания по морским целям и применения управляемого вооружения. Особенно это актуально с широким применением сетцентрических систем ведения боевых действий.

Работа посвящена разработке модельно-методического аппарата и программного комплекса для обоснования обликowych характеристик беспилотного летательного аппарата, применяемого в операциях на морском театре военных действий. Был проведен анализ возможных способов по нанесению ущерба морским объектам, анализ возможных вариантов решения поставленной задачи, в том числе с применением БПЛА, была предложена систему критериев эффективности сформированы основные ограничения [1].

В ходе работы был создан программный комплекс для обоснования обликowych характеристик беспилотного летательного аппарата, применяемого для задач нанесения удара по морским целям на основе имитационно-аналитических подходов.

Основой программного комплекса является обликковая синтез-модель генерации альтернатив для схемы «летающее крыло» [2], которая позволяет получать основные весовые и летно-технические характеристики беспилотного летательного аппарата на основе аналогового метода.

Получившиеся обликковые характеристики альтернативных вариантов, характеристики других систем и параметры условий проведения операции являются входными данными для системы моделей оценки эффективности разведывательно-ударных беспилотных летательных аппаратов и ударных авиационных комплексов [3] [4].

Была произведена программная реализация модельно-методического аппарата в MS Excel и C++ (Qt) и осуществлен модельный эксперимент в качестве апробации математического аппарата программного комплекса.

Список используемых источников:

1. Левков В.Г., Овчинников Д.И., Топоров Н.Б., Скрипниченко Ю.С. Методика формирования облика системы беспилотных АК, обеспечивающей выполнение разведывательных и ударных задач // Сборник тезисов докладов. АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В XXI ВЕКЕ. 2016. С. 31.

2. Конюхов И.К. Анализ применения аэродинамической схемы «летающее крыло» на беспилотных летательных аппаратах класса «воздух-поверхность» // Труды МАИ. 2018. № 99. С. 4.

3. С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Проектирование самолетов: Учебник для вузов. Под ред. С.М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп./М.: Машиностроение, 1983. – 616 стр.

4. Никольский Б.А Основы радиоэлектронной борьбы: учебник // Самара: Изд-во Самарского университета, 2018 – 268 с.

Разработка модели оценки эффективности БПЛА в операции радиотехнической разведки

Антонова Е.А., Белоусов И.Д.

Научный руководитель — Никифоров Н.С.

МАИ, Москва

В настоящее время БПЛА широко применяются для решения различного рода задач, в том числе для ведения разведки радиоизлучающих объектов.

Повышение боевой эффективности поражения средств радиолокации связано с реализацией новых способов ведения РТР с применением бортов БПЛА, обеспечивающих высокоточную оценку угловых координат или местоположения РЛС в реальном масштабе времени [3].

С точки зрения оценки эффективности в радиотехнической разведке можно выделить несколько этапов — этап обнаружения, селекции, местоопределения, распознавания типа РИЦ и распознавания типа сложного объекта. В данной работе рассмотрены обнаружение и местоопределения, а также этап формирования траектории БПЛА в районе поиска.

В данной работе рассматривается способ местоопределения источников радиоизлучения в ВРТР — пеленгация. Среди существующих способов определения координат РИЦ в ВРТР можно также выделить угломерный способ с измерениями в двух плоскостях, способ многократной пеленгации, «энергетические» способы местоопределения, основанные на измерении мощности входного сигнала, «временные» методы, использующие измерение времени облучения и разностно-дальномерный метод.

При использовании пеленгационного метода пересечение диаграмм направленности приемных антенн образует область неопределенности, которая определяет географическую разрешающую способность.

В работе рассмотрено синхронное функционирование приемников-пеленгаторов, размещенных на бортах двух БПЛА. В этом случае применение триангуляционного метода включает в себя такие этапы, как определение направления на РИЦ, наработка базы пеленгования, определение расстояния от базы пеленгования до РИЦ, определение координат РИЦ.

Анализ результатов, полученных в работах [2,3] показывает, что наилучшая точность местоопределения объектов триангуляционным способом достигается при движении носителя приемника-пеленгатора по траектории вида «спираль». Такая тактика и использовалась при разработке математической модели.

В работе был сформулирован перечень допущений, отвечающих выбранной подробности математической модели: параметры объектов, подлежащих обнаружению, известны; ошибки передачи данных по каналам связи отсутствуют; активные меры противодействия со стороны противника не применяются; рельеф местности не учитывается; объект поиска (РИЦ) неподвижен; пеленгация осуществляется фиксированным числом БПЛА. Для дальнейшего моделирования была подготовлена информационная база характеристик БПЛА, применимых для решения поставленной задачи, характеристик станций радиотехнической разведки, и характеристик РИЦ, подлежащих обнаружению.

Была сформулирована постановка задачи: необходимо разработать модель оценки эффективности применения БПЛА в целях выбора рациональных характеристик БПЛА в операции РТР (обнаружение радиоизлучающих целей). В качестве критерия, оценивающего эффективность обнаружения, принята вероятность приема сигналов разведываемой РИЦ за промежуток времени — вероятность обнаружения.

В работе рассмотрены следующие ограничения: $\sigma \leq \sigma_z$, $t \leq t_z$, где σ_z — заданная погрешность определения координат; t_z — заданный временной период (время поиска РИЦ).

В ходе выполнения работы был разработан программный комплекс, который позволяет проанализировать основные параметры, влияющие на точность местоопределения (точность ВРТР), и определить рациональные характеристики БПЛА для решения конкретной задачи РТР с заданными внешними параметрами (размер района поиска и количество объектов, подлежащих обнаружению).

Модель оценки эффективности БПЛА в операции РТР состоит из следующих блоков:

– блок исходных данных, который включает в себя характеристики БПЛА, характеристики аппаратуры РТР, характеристики района поиска и характеристики объекта поиска;

- блок формирования траектории полета в районе поиска;
- блок определения координат источника радиоизлучения;
- блок оценки вероятности обнаружения и определения координат объекта;
- блок определения рациональных характеристик БПЛА.

В ходе работы был разработан программно-алгоритмический комплекс на основе разработанной математической модели, включающий в себя расчетный блок и блок визуализации, реализованные с помощью языка программирования Python.

С помощью программно-алгоритмического комплекса проведено математическое моделирование, и получены результаты для рассматриваемых БПЛА при различных параметрах зоны обнаружения.

Список используемых источников:

1. Мельников Ю.П., Попов С.В. Радиотехническая разведка, методы оценки эффективности местоопределения источников излучения. – Москва: Радиотехника, 2008.

2. Разиньков С.Н., Богословский А.В. Оптимизация маршрутов полета беспилотных летательных аппаратов при местоопределении источника радиоизлучения по оценкам угловых координат с их бортов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2015. – Т. 18, № 4.

3. Донсков Ю.Е., Богословский А.В., Матвеев Д.С. Способы применения беспилотных летательных аппаратов радиотехнической разведки в ходе ведения боевых действий в тактической зоне // Военная мысль. 2021. – №8.

Выбор способа определения перемещения между положениями съема плоских дальнометрических изображений при решении задачи видеонавигации

Баричев Ю.С.

Научный руководитель — к.т.н. Носков В.П.

ФГУП ВНИИА, Москва

Решение задачи визуальной одометрии при перемещении в плоскости остаются актуальными как для наземных мобильных роботов, так и для беспилотных летательных аппаратов [1]. Определение перемещения аппарата по 2D- и 3D-дальнометрическим изображениям (получаемых при помощи лидаров и камер глубины) служит основным источником информации, использующейся для решения SLAM-задачи как при движении в плоских средах, так и в пространстве [1].

В настоящее время для перемещения на основе 2D-дальнометрических изображений, называемых в зарубежной литературе сканами (scan), решается в основном за счет методов, базирующихся на ИСР-алгоритме [2], такие как GICP [3], VGICP [3]. В тоже время применяется алгоритм, основанный на совмещении сечений путем минимизации функции различия [4].

ИСР-алгоритмы подразумевают нахождение преобразования, которое наилучшим образом совмещает наборы точек (сканов - в случае плоской задачи). Критерием служит квадратичная функция расстояний между сопоставляемыми точками, выбирающимися на основе геометрической близости. При этом сопоставляемые пары точек двух сканов не меняются в процессе поиска перемещения.

Алгоритм на основе минимизации функции различия является более общим. Поиск преобразования идет на основе минимизации некоторой целевой функции, возможные виды которой рассмотрены в работе. При этом во всех рассмотренных функциях сопоставление точек первого и второго изображений осуществляется по угловому расстоянию с учетом перемещения. На основе проведенных исследований был сделан вывод, к явным преимуществам ИСР можно отнести использование исходных наборов точек, что положительно сказывается на точности определения перемещения. К недостаткам ИСР-

алгоритма можно отнести необходимость высокой степени совпадения сопоставляемых дальнометрических изображений (которое возможно только при небольших перемещениях).

Алгоритм, основанный на основе минимизации функции различия, позволяет сопоставлять значительно-различающиеся изображения, если они содержат общие подмножества точек. Данное преимущество достигается за счет учета перемещения между положениями съема изображений в функции различия. В то же время недостатком данного алгоритма является необходимость дискретизации исходных изображений по углу, что приводит к потере точности, а разнообразие критериальных функций и их параметров усложняет процесс настройки алгоритма для конкретной задачи.

В докладе будет представлено сравнение указанных выше алгоритмов по скорости и точности работы путем математического моделирования. На основе полученной информации сформированы рекомендации по выбору способа определения перемещения между положениями съема двух 2D-дальнометрических изображений в зависимости от условий решения задачи, а также сформулированы рекомендации по выбору функции различия и других параметров алгоритма сопоставления на основе минимизации функции различия.

Список используемых источников:

1. Баричев Ю. С., Гойдин О. П., Носков В. П., Собольников С. А. Формирование информационно-навигационного поля роботов воздушного базирования в урбанизированной среде // Известия ЮФУ. Технические науки. 2024. С. 213–225.
2. P.J. Besl, N.D. McKay, "A Method for Registration of 3D Shapes", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14(2) (1992) 239-256.
3. Segal, Aleksandr & Hähnel, Dirk & Thrun, Sebastian. (2009). Generalized-ICP. Proc. of Robotics: Science and Systems. 10.15607/RSS.2009.V.021.
4. Носков В. П., Носков А. В. Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 12. С. 16–21.

Автоматизированная платформа планетохода по исследованию спутника Сатурна Титана

Бахарева Т.Д.

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

МАИ, Москва

На сегодняшний день остро стоит вопрос ограниченности природных и энергетических ресурсов недр нашей планеты.

Цель разработки – сконструировать универсальную платформу планетохода для исследований спутника Сатурна Титана.

Задачами данного проекта являлось:

- проектирование модели прототипа автоматизированной платформы;
- разработка шасси, позволяющего преодолевать различные препятствия и неровности поверхности;
- написание и отладка программного обеспечения;
- создание модели-демонстратора;
- проведение испытаний конструкции, подвески и программного обеспечения на различной местности;
- оценка эффективности примененных конструкторских решений.

Кроме того, было важно обеспечить полную автономность системы. Поскольку Титан удален от Земли настолько, что пилотируемое управление ровером не представляется возможным, Титаноход должен быть оснащен системой, позволяющей ему самостоятельно обнаруживать препятствия и находить оптимальные пути их обхода. Чтобы этого достичь, необходимо внутри программного обеспечения правильно описать алгоритмы работы двигателей и датчиков. Были подготовлены технологические документы, связанные с производством деталей и прототипа (чертежи, тестовые детали и изделия).

В результате исследования была составлена теоретическая и математическая база для создания аппарата для работы в условиях атмосферы Титана, а также была создана модель-демонстратор, разработанная на базе микроконтроллера Arduino.

Степень применения – данная работа может быть использована в качестве основы для разработки КА, работающего на поверхности Титана

Список используемых источников:

1. Бен Рэдвуд, Филемон Шофер, Брайан Гаррэт, 3D-печать. Практическое руководство, ДМК Пресс, 2019 — 220 с.

2. Сурдин, В. Г. Разведка далеких планет — Изд. 3-е, исправл. и дополн. М.: Физматлит, 2022 — 380 с.

Реализация роевого интеллекта бпла для поисково-спасательных операций

Бондаренко В.А., Кошелев А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

Во время выполнения поисково-спасательной миссии необходимо найти компромисс между качеством поисков и их скоростью. На данный момент для проведения поисковых операций используются силы спасателей, автомобилей и вертолетов, и каждое средство сталкивается с ограничением в виде времени реакции, доступности ресурсов и сложности условий проведения операции. БПЛА представляет собой перспективное решение данных проблем благодаря небольшим размерам, относительной дешевизне, способности покрывать большие площади и производить мониторинг той местности, куда не могут добраться наземные средства спасения, возможности установки различных датчиков и высокоскоростных камер для детального и разностороннего анализа местности.

С развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения БПЛА могут быть оснащены интеллектуальными системами, позволяющими как выполнять ранее установленные маршруты, так и адаптироваться к условиям в режиме реального времени. Это может позволить значительно сократить время реагирования и повысить шансы на успех операции.

Цель проекта заключается в разработке бортовой интеллектуально-информационной управляющей системы (далее БИИУС), которая будет способна эффективно управлять дронами в ходе поисково-спасательных операций. Задачи включают создание алгоритмов для автоматического построения маршрутов, принятия решений на основе данных с датчиков, а также реализацию систем аварийной посадки и сканирования местности.

Для оптимизации использования ресурсов каждый дрон в рое выполняет свои функции: мониторинг местности различными камерами (широкоугольные, тепловизоры, лидары), доставка грузов, эвакуация, связь между агентами роя и связь с центром.

Рой будет состоять из связистов-ретрансляторов, разведчиков и интеллектуального центра (ИЦ).

За построение маршрута будет отвечать БИИУС ИЦ. В обязанности оператора роя входит только ввод количества дронов и площади территории поиска. По этим данным, а также по изменяющимся данным погодных условий и препятствиях, будет автоматически выстраиваться маршрут для каждого дрона так, чтобы минимизировать повторного прохождения участков и повысить визуальное покрытие участков. Для этого будет использоваться средства машинного обучения.

В рое все дроны будут иметь связь друг с другом. Вся собранная информация разведчиками будет передаваться центру для составления и анализа карт и маршрутов, чтобы передавать данные ретранслятору, который будет отправлять информацию на наземную станцию. у разведчиков будет связь только между собой и центром, все запросы отдельного дрона (например, для запроса на аварийную посадку или возвращения на наземную станцию) будут также передаваться через центр

Главным преимуществом данного проекта для заказчика будет упрощенная схема использования группы дронов для поисковых задач. В работу оператора будет входить только поверхностный контроль за дронами (в случае непредвиденных ситуаций) и

получение информации от техники. Съёмка, обработка информации, построение маршрутов, схема взаимодействия с другими дронами и наземными станциями будут лежать на БИИУС.

Список используемых источников:

1. Муслимов Т. З. Методы и алгоритмы группового управления беспилотными летательными аппаратами самолетного типа / Уфимский гос. авиационный ун-т, 2020. 164 с. URL: <http://siit.ugatu.su/index.php/journal/article/view/175> (дата обращения 20.02.2025).
2. Зайцев А. А., Курейчик В. В., Полупанов А. А. Обзор эволюционных методов оптимизации на основе роевого интеллекта // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-evolyutsionnyh-metodov-optimizatsii-na-osnove-roevogo-intellekta> (дата обращения: 28.02.2025).
3. Гончаров А. М., Рябов С. В. Искусственный интеллект как основное направление развития робототехнических комплексов // Военная мысль. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-osnovnoe-napravlenie-razvitiya-robototekhnicheskikh-kompleksov> (дата обращения: 28.02.2025).

Беспилотный аппарат на колесном шасси для решения логистических задач

Борейко Д.А., Лопырева А.С., Збаразский С.В.

Научный руководитель — Трофимов А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время существует высокая потребность в разработке беспилотной робототехнике. Её применение крайне необходимо во всех сферах деятельности человека, а особенно, где его присутствие опасно.

Роботизированные платформы применяются в различных сферах нашей жизни, от промышленности до медицины. При разработке таких платформ возникает необходимость учитывать особенности конкретной задачи и условия её выполнения.

Анализ известных работ показал, что все современные исследования, связанные с созданием роботизированной платформы, направлены на обеспечение управляемого движения без экипажа, повышению автономности применения.

В работе рассмотрен беспилотный аппарат на колесном шасси для решения логистических задач на базе роботизированной платформы. В связи с отсутствием экипажа появляется больше возможностей при проезде по пересеченной местности, нет необходимости учитывать психофизическую нагрузку на человека. А также происходит более быстрое восприятие и обработка информации.

Габариты беспилотного аппарата позволяют платформе развивать заданную скорость, маневрировать в сложных условиях, обеспечивать скрытность применения. Наличие полного привода колес позволяет передвигаться по пересеченной местности и на любых типах грунта [1].

Определение положения в пространстве происходит с помощью камеры видеонаблюдения, расположенной на мачте платформы. Безопасное удаленное управление осуществляется по радиоканалу в соответствии с командами оператора [2]. Разрабатываемый аппарат имеет возможность движения по дорогам общего пользования, при этом осуществляется анализ знаков дорожного движения с применением алгоритмов компьютерного зрения.

Малогабаритный беспилотный аппарат имеет низкую себестоимость, на 90% используются российские комплектующие.

В ходе работы был проведен анализ ходовых аккумуляторных батарей, устройство систем электроснабжения колесных без экипажных средств, в результате была выбрана схема с двумя независимыми контурами питания, обеспечивающая заданную надежность. Разработаны схема деления и монтажная схема роботизированной платформы, создана 3d-модель и натурный образец.

Испытания, проведенные в помещении, а также испытания на пересеченной местности показали хорошую проходимость, маневренность, легкость в управлении роботизированной платформы.

Список используемых источников:

1. Дьяков, А.С. Основы метода проектирования ходовых систем безэкипажных наземных транспортных средств / А.С. Дьяков, Г.О. Котиев // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 146-158.

2. Слюсар, Вадим. Средства связи с наземными роботизированными системами: современное состояние и перспективы. Электроника: наука, технология, бизнес. – № 7 (139). С. 66-79. (2014).

Алгоритмы управления приводами активных боковых ручек магистрального самолёта

Винярский П.П.

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

АО «ГосНИИП», Москва

В настоящее время на магистральных самолётах широко распространение получили боковые ручки управления (БРУ). Применение таких органов управления позволяет улучшить эргономику кабины и немного снизить массу системы управления, однако применяемые в настоящий момент пассивные БРУ имеют существенные недостатки: отсутствие механической связи между БРУ и неподвижность рукояток при работе автопилота. Таким образом, лётчики лишены тактильной информации как о действиях друг друга, так и о действиях автопилота, что снижает безопасность полёта в целом.

Зарубежные и отечественные КБ и научные центры (ЦАГИ, ПАО «Яковлев», ПАО «Туполев») считают, что дальнейший прогресс в кабинах с БРУ в части обеспечения безопасности полётов связан с реализацией активных БРУ, т.е. БРУ, которые могут создавать усилие при помощи встроенных приводов. Таким образом, становится возможным как перемещение рукоятки по командам автопилота, так и имитация механической связи между БРУ.

Данная работа посвящена вопросам разработки алгоритма управления приводами активных БРУ (далее – «алгоритм связи») в режиме имитации механической связи (далее – «связанный режим»). В ходе работы с целью тестирования разрабатываемых алгоритмов связи была создана математическая модель активной БРУ и система тестов, позволяющая при численном интегрировании уравнений движения рукояток БРУ определять соответствие получаемых характеристик работы БРУ требованиям к связанному режиму.

Основой для создания математической модели послужила разработанная ранее в АО «ГосНИИП» конструкция активной БРУ. При составлении модели было учтено наличие в конструкции пассивного загрузочного механизма, обеспечивающего создание загрузочного усилия в случае потери силового электропитания, а в условиях тестирования была обеспечена возможность выбора характеристики данного механизма из допустимой области.

В ходе анализа гипотетической конструкции, в которой БРУ связаны механически, а не электрически, был предложен алгоритм связи БРУ, который формировал сигнал управления приводом только на основе данных о силе, приложенной к рукоятке другой БРУ. В результате тестирования данного алгоритма было обнаружено, что рассогласование рукояток зависит не только от приложенной к ручке силы, но и от того, насколько отличаются характеристики пассивных загрузочных механизмов отдельных БРУ в паре.

Так как для некоторых комбинаций характеристик загрузочных механизмов угол рассогласования рукояток выходил за допустимые пределы, был предложен альтернативный вариант – алгоритм связи по положению. Данный алгоритм формировал сигнал управления приводом на основе сигнала о требуемом положении рукоятки, вычисляемом из суммы приложенных сил (аналогично алгоритму активного загрузчика, предложенному в работе [1]). По результатам тестирования было показано, что для данного алгоритма возможно добиться выполнения требований к согласованию рукояток для любых комбинаций характеристик пассивного загрузочного механизма.

Таким образом, на основе проведённого тестирования алгоритм связи по положению был рекомендован к реализации в системе управления приводами активной БРУ, разрабатываемой АО «ГосНИИП». Созданные в ходе работы математические модели и

система тестов могут в будущем использоваться для исследования влияния помех и погрешностей измерения на работу активной БРУ.

Список используемых источников:

1 ActivSense Sidestick. A Force Sensing and Force Feedback Joystick by Kobbe Farwick Advisor: Dr. Bridget Benson. Electrical Engineering Department California Polytechnic State University, San Luis Obispo, June 2017.

Визуальная навигация по семантическому описанию сцены

Гиренко Д.С.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Ким Н.В.

МАИ, Москва

Рассматривается задача осуществления визуальной навигации на основе семантического описания сцены.

В настоящее время всё большую роль в мире играют малые беспилотные летательные аппараты (БПЛА), навигация которых преимущественно реализована на основе сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Потеря ГНСС сигнала приводит к необходимости осуществления навигации на основе автономных систем. Ядром автономной навигации БПЛА является бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС). Однако БИНС обладают известными проблемами, первостепенной из которых является ухудшение точности со временем.

Для коррекции работы БИНС [1] используются методы визуальной навигации [2]. Одним из широко используемых для летательных аппаратов методом коррекции является коррекция по ориентирам при помощи корреляционно-экстремальной навигационной системы (КЭНС) [3].

В основе КЭНС лежит идея сравнения текущего изображения, полученного с видеокамеры БПЛА, с эталонным изображением, заложенным на этапе предполётной подготовки. Однако стандартные КЭНС обладают слабой помехоустойчивостью к изменению наблюдаемой сцены (изменения: яркости, статистических характеристик пикселей изображения, поворотов, масштаба).

Целью данной работы является повышение помехоустойчивости алгоритмов визуальной навигации, основанных на сравнении изображений с видеокамеры БПЛА с таблицей известных ориентиров.

Для достижения данной цели предлагается перейти от алгоритмов, основанных на растровом описании картинки к семантическому описанию.

Под семантическим описанием наблюдаемых сцен понимается перечисление классов объектов, присутствующих на изображении, описание их признаков (формы, размеров, текстуры и пр.) и относительных положений. Таким образом, сравнение текущих и эталонных изображений может основываться только на сравнении присутствующих на них объектов или на сравнении объектов, имеющих одинаковую форму и размеры и т.д.

Семантическое описание изображения, позволяющее выделить искомые объекты на наблюдаемой сцене, осуществляется путём попиксельной сегментацией нейронной сетью архитектуры U-net. Последующее определение позиции БПЛА осуществляется путём поиска максимальной оценки парной функции Джеккарда для текущего и эталонного изображения. Данная функция позволяет подсчитать количество пар похожих и непохожих объектов на сравниваемых изображениях.

Алгоритм предлагаемого решения состоит из следующих этапов:

1. На предполётной подготовке формируется семантическое описание местности предполагаемого маршрута на эталонных изображениях. Формируется таблица с описанием сцен.
2. В процессе полёта при достижении условия необходимости коррекции, на полученном текущем изображении проводится выделение семантики.
3. Осуществляется поиск возможных позиций БПЛА на основе имеющегося семантического описания текущего изображения.

4. Производится выборочное сканирование в найденных потенциальных позициях БПЛА путём попиксельного расчёта парной функции Джекарда.

5. Максимум функции Джекарда является искомым местонахождением БПЛА, коррекция завершена.

В результате работы было показано, что предложенный алгоритм обладает повышенной помехоустойчивостью по сравнению с классическими КЭНС алгоритмами, без потери точности.

Список используемых источников:

1. Семенова Л. Современные методы навигации беспилотных летательных аппаратов / Л. Семенова // Наука и образование сегодня. – 2018. – №4(27). – С. 6-8.

2. Гэн Кэ, Чулин А. Алгоритм навигации беспилотного летательного аппарата на основе улучшенного алгоритма одновременной локализации и картографирования с адаптивным локальным диапазоном наблюдения / Гэн Кэ // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2017. – №3(114). – С. 76-91.

3. Белоглазов И., Джаджтава Г., Чигин Г. «Основы навигации по геофизическим полям» / И. Белоглазов // М.: Наука. – 1985.

Анализ результатов испытаний роботизированной системы перемещения и позиционирования комплекса нейтронной терапии

Дагиянов О.М.

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

ФГУП «ВНИИА», Москва

Для точного позиционирования пациента, соответствующего данным компьютерной томографии [2], полученным при планировании лечения, используется роботизированный терапевтический стол [2], который обеспечивает шестимерное перемещение [1]. Это перемещение включает три линейные координаты, отвечающие за перемещение в пространстве, а также три угловые координаты, позволяющие точно настроить угол наклона и ориентацию пациента. Такие возможности являются критически важными для достижения максимальной эффективности в процессе лечения.

В комплексе дистанционной нейтронной терапии (КНТ) перемещение рентгенопрозрачного стола с пациентом из зоны подготовки в зону облучения осуществляется с помощью высокоэффективной роботизированной системы. Эта система включает в себя как терапевтический стол, так и транспортёр стола, что обеспечивает высокую степень автоматизации и уменьшает вероятность ошибок, связанных с ручным перемещением.

Для обеспечения надежности и точности функционирования данной роботизированной системы была разработана методология, а также проведены обширные лабораторные испытания [3], целью которых является подтверждение соответствия конструктивных, схематических и алгоритмических решений установленным требованиям технического задания. Эти испытания позволили не только проверить работоспособность системы, но и выявить возможные недостатки, которые могли бы повлиять на качество лечения пациентов.

Испытания включают в себя отработку алгоритмов позиционирования узлов системы, а также процессы стыковки с транспортёром стола. Важно отметить, что все тесты проводятся с нагрузкой до 200 кг, что соответствует максимально допустимому весу пациента, который может находиться на столе в процессе лечения. Это позволяет убедиться в стабильности работы системы при различных условиях.

Измерения телеметрии были проведены в автономном режиме, что обеспечило независимость получаемых данных. Для обеспечения метрологического контроля и проверки работоспособности системы используется координатно-измерительная машина FARO Technologies Inc [4].

Список используемых источников:

1. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р МЭК 61217-2013. Аппараты дистанционные для лучевой терапии. Координаты, перемещения и шкалы. – Москва Стандартинформ, 2014.

2. Mayles P., Nahum A., Rosenwald J.C. Handbook of radiotherapy physics. Theory and practice. – Taylor & Francis Group, LCC, 2007.

3. Сыров А.С. Проектирование и испытание бортовых систем управления: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011. – 344 с.

4. 8-Axis Edge FaroArm & ScanArm. [Электронный ресурс], URL: <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Tech-Sheet/techsheet-8-axis-edge-faroarm-scanarm>.

Применение сетей Колмогорова-Арнольда для формирования законов управления в робототехнических системах

Дорошев А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Шеломанов Д.А.

МОКБ «Марс» – филиал ФГУП «ВНИИА», Москва

Современные робототехнические системы могут функционировать в условиях высокой неопределенности и требуют всё более комплексные алгоритмы для осуществления управления. Классические регуляторы, несмотря на их теоретическую и математическую обоснованность, обладают рядом ограничений, связанных с необходимостью априорного знания динамики системы, а также с недостаточной адаптивностью к изменяющимся условиям и возмущениям. В связи с этим актуальным направлением исследований является разработка адаптивных алгоритмов управления, способных изменять параметры регулятора в реальном времени в зависимости от состояния управляемого объекта и окружающей среды.

В докладе рассматриваются самонастраивающиеся и самоорганизующиеся системы, обладающие способностью динамически изменять параметры и структуру регулятора в зависимости от текущего состояния объекта управления [1].

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является применение искусственных нейронных сетей, которые, благодаря своим особенностям, могут обучаться и компенсации внешних возмущений, и формированию оптимальных управляющих воздействий [2]. В задачах управления могут использоваться многослойные перцептроны, однако они обладают низкой интерпретируемостью и анализ полученного регулятора является затруднительным.

Альтернативным подходом является применение нейросетевых моделей, основанных на теореме Колмогорова-Арнольда [3]. В сетях, в отличие от многослойных перцептронов, вводятся обучаемые функции активации с применением сплайнов, что значительно повышает интерпретируемость полученной сети и позволяет уменьшить объем модели.

В докладе представлен подход к разработке программного обеспечения для осуществления обучения и интерпретации полученной модели, проведен синтез регулятора на основе сетей Колмогорова-Арнольда. Полученные результаты подтверждают возможность использования таких сетей в задачах управления робототехническими системами, позволяя автоматически формировать законы управления в соответствии с заданными требованиями.

Список используемых источников:

1. Тугов В.В., Пищухин А.М. Самонастраивающиеся системы автоматического управления с эталонной моделью для управления процессом полимеризации в многослойных композитах // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 3. – С. 43-48.

2. Усков А. А., Кузьмин А. В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – 2004. // М.: Горячая линия – Телеком. 2004. – 143 с.

3. Liu Z. et al. Kan: Kolmogorov-arnold networks //arXiv preprint arXiv:2404.19756. – 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2404.19756>.

MainInterface. Программа для проведения быстрых расчетов полета изделий Дуняшев Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Правидло М.Н.

АО «Гос МКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», Москва

В данной работе приводится результат автоматизации расчётов полёта управляемых изделий с целью ускорения проведения их в большом количестве, а также подход к структурированию математических моделей, необходимый для единого представления блочно-модульных компьютерных моделей различных изделий. Отличительной особенностью рассматриваемых в работе изделий, представляющих собой объекты управления, является широкий диапазон параметров их полёта в атмосфере – скоростей, высот, углов атаки и перегрузок в основных каналах управления. Вследствие этого, исследование поведения изделия во всех областях изменения указанных параметров приводит к образованию большого количества расчётных случаев, что, в свою очередь, требует существенных временных затрат при расчётно-теоретическом сопровождении проектирования изделий и их лётной отработке.

Разработанное ПО обеспечивает решение следующих задач:

- 1) обеспечение блочно-модульной структуры математических моделей;
- 2) обеспечение возможности точной настройки модулей математических моделей;
- 3) обеспечение четкого и понятного порядка передачи данных между модулями;
- 4) обеспечение встроенного в ПО функционала для проведения серии расчетов.

В работе приведено описание функционала разработанного ПО, принципов, обеспечивающих единую структуру модулей математической модели, а также системы автоматического запуска серии расчетов.

В завершении работы приведены результаты сравнения временных затрат оператора на проведение серии расчетов с помощью ПК Euler, ПО SimInTech, ПО MainInterface и консольного приложения. Сравнение MainInterface с Euler и SimInTech показало снижение временных затрат оператора в 770 и 901 раз соответственно.

Программно-аппаратный комплекс сбора данных для точного определения места десантирования парашютистов на базе БПЛА

Кашин Д.Д.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

Точное определение места десантирования парашютистов имеет важное значение для обеспечения безопасности и эффективности воздушных операций. На траекторию спуска влияет множество факторов: метеоусловия, аэродинамику парашюта и действия парашютиста. Учитывая эти факторы, программно-аппаратный комплекс (ПАК) позволяет улучшить точность десантирования.

В настоящее время используется авиация для определения точки парашютистов применяются три метода: арифметический, графический и расчет с использованием пристрелочного парашюта или ленте. Каждый из них позволяет вычислить расчетную точку, в которой парашютист должен покинуть самолет, чтобы на нейтральном куполе приземлиться в заданном районе.

Арифметический и графический методы расчета точки десантирования парашютистов недостаточно точны, так как не учитывают изменяющиеся метеоусловия с учётом высоты и аэродинамические особенности. Они требуют времени на вычисления и не позволяют оперативно корректировать данные. В отличие от них, ПАК обеспечивает более высокую точность за счет учета реальных условий в момент десантирования.

Традиционный метод пристрелочного парашюта требует значительных ресурсов и не обеспечивает высокой точности из-за зависимости от визуального наблюдения. В сложных метеоусловиях, возможна потеря парашюта, а расчет сноса и точки приземления содержит ошибки.

Для решения этой проблемы предлагается ПАК на базе БПЛА, включающий: капсулу с измерительными модулями-датчиками, парашют или лента и наземную станцию приема данных.

Капсула оснащена:

- датчиками метеопараметров (температура, влажность, давление);
- GPS-модулем для фиксации: координат местоположения, высоты полёта, скорости и времени;
- SD-карта для записи данных;
- модулем радиосвязи для передачи информации на наземную станцию приёма;
- парашютом или лентой.

ПАК снижает затраты, экономит время, повышает точность расчетов и автоматизирует процесс анализа данных.

Алгоритм работы ПАК: основан на непрерывном сборе и передаче данных. Датчики фиксируют метеоусловия и координаты капсулы, записывая их на SD-карту. Одновременно информация передается на наземное устройство по радиоканалу. Наземное устройство принимает и записывает все поступающие данные, позволяет получать информацию и визуализировать её в режиме реального времени.

Наш ПАК позволяет точно корректировать точку десантирования парашютистов, получать метеоданные, визуализировать траекторию полета, выгоден экономически и во времени принятия решения.

Список используемых источников:

1. Расчет с помощью пристрелочного парашюта – <https://lektisia.com/3x55d7.html>.
2. Псурцев, П.А. – Прыжки с парашютом.

Полуавтономная система очистки ЛЭП от наледи

Князев И.А.

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

МАИ, Москва

В современном мире беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются для решения сложных задач, таких как мониторинг инфраструктуры, доставка грузов и обслуживание энергосетей [4]. Одной из актуальных проблем в энергетике является образование наледи на линиях электропередач (ЛЭП), что может привести к обрывам проводов и авариям. Традиционные методы очистки, такие как ручная обработка, требуют значительных затрат времени и могут быть опасны для персонала [2]. В связи с этим разработка полуавтономных дронов для очистки ЛЭП от наледи представляет собой перспективное направление [3].

Для решения задачи очистки ЛЭП был разработан дрон, оснащенный системой разрушения наледи и механизмом стабилизации на проводах. В качестве основного метода очистки рассматривались два подхода: использование молоточков и вибромоторов с эксцентриками. После анализа эффективности и сложности реализации был выбран вариант с молоточками, так как он обеспечивает более эффективную очистку [2]. Для стабилизации дрона на проводе была разработана система роликов, которые позволяют аппарату катиться по ЛЭП, сохраняя устойчивость и не повреждая провода, а также смещен центр масс ближе к основанию за счет расположения аккумуляторов на посадочном шасси [3].

Основой дрона стали мощные моторы U5 Power U-Type KV400, способные работать с 16-дюймовыми пропеллерами. Система распределения питания была спроектирована с учетом высоких нагрузок: выбраны ESC на 60A Hobbywing XRotor Micro 60A с поддержкой 6S LiPo батарей. Для управления дроном используется полетный контроллер Pixhawk 2.4.8 [1].

Процесс разработки включал несколько этапов. На этапе анализа требований были определены ключевые параметры, такие как мощность моторов, размер пропеллеров и нагрузка от системы очистки. На этапе выбора компонентов были рассмотрены различные варианты ESC, PDB и BEC, после чего выбраны наиболее подходящие решения. На этапе интеграции была разработана схема подключения всех компонентов, включая моторы, ESC,

полетный контроллер и систему очистки. На этапе тестирования были проведены расчеты и испытания, подтвердившие надежность и эффективность дрона.

Список используемых источников:

1. Mishra, A., Chitransh, V., Kumar, J., Tiwari, N. Development of a Pixhawk-Based Quadcopter: A Bottom-Up Approach.
2. Саяпин, С. Н. Анализ и перспективы развития роботизированной механической очистки проводов ЛЭП от снега и льда.
3. Чернышов В. А., Семенов А. Е., Печагин Е. А. Способ расширения автономности пилотирования дрона, осуществляющего мониторинг технического состояния воздушной линии электропередачи напряжением 6-10 кВ.
4. Мясоедова Лариса Анатольевна, Козырева Анастасия Евгеньевна Оценка эффективности использования беспилотных авиационных систем при мониторинге линий электропередачи.

Автономная высокомобильная транспортная платформа для обеспечения контроля и безопасности протяжённых нефтегазовых магистралей и информационных коммуникаций, расположенных на прибрежном шельфе

Кошук И.С., Волочихин В.А., Шпихернюк А.А.

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

МАИ, Москва

Автономная высокомобильная транспортная платформа для обеспечения контроля и безопасности протяжённых нефтегазовых магистралей и информационных коммуникаций, расположенных на прибрежном шельфе.

В предлагаемой работе представлен проект автономной платформы (АП), предназначенной для транспортировки различного диагностирующего, контрольного, ремонтного и другого вспомогательного оборудования, используемого при проведении различного рода подводно-технических работ, связанных с обеспечением надежности и безопасности подводных сырьевых и информационных коммуникаций, а также обеспечивающего непрерывный мониторинг окружающей среды и ситуационной обстановки в контролируемой зоне. Платформа способна функционировать в автономном режиме продолжительное время и может выполнять возложенные на неё задачи как самостоятельная единица, так и в режиме взаимодействия с другими однотипными объектами, объединёнными в единую сеть на основе использования интеллектуальной системы управления. Комплекс способен решать широкий спектр задач, в том числе оперативное устранение неисправностей магистралей, связанных с нарушением их конструктивной целостности и предотвращение утечек транспортируемого сырья при возникновении чрезвычайной ситуации, а также своевременное предупреждение возникновения подобных ситуаций.

Конструктивно платформа выполнена по модульной схеме, в состав которой входят два основных элемента: подводный модуль с оборудованием (носитель оборудования); надводный модуль с приёмо-передающей аппаратурой.

Подводный модуль представляет собой самоходное шасси на шнекороторном движителе, корпус которого выполнен в виде ферменной конструкции. Конструкция шасси обеспечивает возможность размещения оборудования различного назначения в зависимости от специфики решаемых задач без применения дополнительных инструментов и монтажно-демонтажных работ. АП обеспечивает точное позиционирование над контролируемым объектом обследования, что делает комплекс пригодным для инспекции протяжённых объектов (нефтегазопроводы, кабели и т.п.), а также проведения поисково-спасательных операций и выполнения вспомогательных функций при проведении подводно-технических работ с применением водолазных операций. В базовой комплектации носитель оборудован несколькими герметичными отсеками для размещения исследовательского оборудования, системы управления, бортового энергетического комплекса и ряда выносных датчиков. Привод осуществляется электромотором, интегрированным в мотор-колесо с зубчатым

венцом, взаимодействующим с гусеницей. Система управления движением включает бортовой блок управления (БУ) с преобразователем сигналов (ПС). На внешней стороне корпуса расположен механизм крепления надводного буйа в транспортном положении, а в центральной части, над центром масс, размещена катушка с силовым кабелем и тяговым тросом. Шнекороторный движитель представляет собой полые цилиндры с винтовой спиралью, обеспечивающие уверенное маневрирование платформы по различным типам грунта в любом направлении. При необходимости, цилиндры обеспечивают создание дополнительной плавучести для преодоления различных преград и полного всплытия. Таким образом АП фактически обладает абсолютной мобильностью в пространстве.

Надводный буй представляет собой прочный плавучий герметичный бокс, обладающий степенью плавучести, достаточной для размещения аппаратурой связи и навигации различных типов, включая спутниковую. Приемо-передающие устройства включают устройства для коммуникации с оператором, устройство хранения данных и дублирования получаемой информации. Связь с подводным модулем осуществляется через силовой кабель с разрывной нагрузкой не менее 1 тонны. В зависимости от модификации буй может быть оборудован либо автономным источником питания, либо устройством преобразования электроэнергии, поступающей с надводного плавсредства или береговой энергоустановки, для обеспечения энергоснабжения подводного модуля. Дополнительная функция буйа заключается в возможности преодоления подводным модулем непреодолимых препятствий за счет обеспечения дополнительной плавучести посредством подтягивания соединительного троса.

Проект представляет собой инновационную разработку, позволяющую решать наиболее актуальные задачи в сфере энергетической и информационной безопасности на объектах сырьевой и коммуникационной инфраструктурах. Объект разработки в виде АП в настоящее время находится на стадии оформления авторских прав как полезная модель.

Список используемых источников:

1. Лукошков А.В. «Техника исследования морского дна» // Л.: судостроение, 1984.
2. Коробков В.А. Левин В.С., Лукошков А.В., Серебrenицкий П.П. // Л.: Судостроение, 1981.
3. Милин П. «Подводные инженерные исследования» // Л.: Судостроение, 1984.

Станок для автоматического изготовления рулонов ленты, предназначенной для плетения маскировочных сетей

Кудашев А.В., Ухов С.Д., Бурмистров И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

Разработка станка для нарезки лент маскировочных сетей

Последние несколько лет возросла необходимость в изготовлении маскировочных сетей, необходимых для укрытия различных инженерных сооружений и техники на фоне местности и растительного покрова от различных методов разведывания. Они являются расходным материалом, что влечет необходимость в их массовом изготовлении. Для данной задачи привлекаются волонтеры, которые плетут сети вручную. Это трудоемкий кропотливый труд, требующий определенных знаний, усидчивости и, что не маловажно, огромного времени. Масштаб их производства несоизмерим с потреблением, поскольку расход маскировочных сетей очень большой. И весомое время в производственном процессе занимает именно нарезка маскировочных лент.

Таким образом, задача изготовления и автоматизации процесса их нарезки стала очень актуальной. В связи с этим появилась необходимость в разработке и изготовлении станка для автоматизированной нарезки необходимых для плетения маскировочных сетей, что будет способствовать значительному увеличению количества выпускаемой продукции, освободив волонтеров от рутинной работы.

В конструкции станка было предложено применить следующие компоненты:

- Микроконтроллер Atmega2560, который является основой системы. Он производит расчеты траектории движения двигателей на основе показаний датчиков и алгоритма работы системы. Отвечает за графический интерфейс управления станком.

- Оптические щелевые датчики в системе автоматического определения длины ленты, а также датчики в системе позиционирования приводов.

- Датчик Холла, используемый для контроля хода привода сброса готовых рулонов.

- Шаговые двигатели, применяемые в конструкции приводов сброса рулонов и подачи отката ленты.

- Коллекторный электромотор в конструкции привода намотки рулонов.

- Жидкокристаллический дисплей для вывода актуальной информации о состоянии работы станка.

Принцип работы станка заключается в использовании двух бобин с лентой, что позволяет одновременно работать с двумя лентами. На дисплее устройства задаются необходимые параметры: количество рулонов и их длина. Лента подается к механизму намотки, где она скручивается в рулоны, наматываясь на вал. Датчики контролируют длину намотанной ленты, и как только она достигает заданного значения, происходит обрезка и запайка её конца. Готовые рулоны сбрасываются в специальный бункер, после чего процесс повторяется.

Данный станок является уникальной разработкой, основные достоинства которого состоят в его дешевизне и простоте изготовления.

В перспективе планируется установка дополнительных приводов намотки, что позволит за один рабочий цикл станка произвести большее количество смотанных рулонов ленты.

Список используемых источников:

1. Саймон, М. Монк. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. – Москва: [издательство], 2019. – 320 с.

2. Улли, Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino. – Санкт-Петербург: [издательство], 2018. – 256 с.

3. AlexGyver Technologies. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alexgyver.ru> (дата обращения: 27.10.2023).

Интеграция ИИ в системы управления стадами животных с использованием дронов

Лобкова А.А., Покачалов М.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

Современное сельское хозяйство стремится к повышению эффективности и автоматизации процессов, особенно в управлении скотом. Традиционные методы мониторинга требуют значительных трудозатрат и становятся неэффективными на больших территориях. Внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА или дронов) с искусственным интеллектом (ИИ) открывает новые возможности для решения этих задач. Дроны позволяют автоматизировать наблюдение за животными, оптимизировать их содержание и своевременно выявлять проблемы.

Управление стадами животных — сложная задача, особенно при работе с большими площадями пастбищ. Традиционные подходы ограничены человеческими ресурсами, временем и точностью данных. Дроны с ИИ предлагают инновационное решение: мониторинг местонахождения животных в реальном времени, выявление заболеваний на ранних этапах, оптимизация использования пастбищ и обеспечение безопасности стад.

Основные направления применения дронов с ИИ включают следующие аспекты. Во-первых, мониторинг местонахождения животных осуществляется с помощью компьютерного зрения, которое идентифицирует особей по внешним характеристикам (окрасу, меткам). Это позволяет отслеживать перемещения каждого животного и предотвращать потерю скота. Во-вторых, контроль состояния здоровья достигается благодаря тепловизорам и акустическим датчикам, анализирующим физическое и

эмоциональное состояние животных. Например, изменение температуры тела или голосовых сигналов может указывать на наличие заболевания. В-третьих, автономные дроны могут патрулировать территории, обнаруживать хищников или предупреждать выход животных за границы пастбищ, снижая риск потерь скота.

Применение технологий ИИ и дронов обеспечивает множество преимуществ. Экономическая эффективность достигается за счет снижения затрат на рабочую силу и увеличения производительности. Улучшение условий содержания становится возможным благодаря быстрому выявлению проблем со здоровьем животных, что позволяет начинать лечение раньше. Экологичность обеспечивается за счет рационального использования пастбищ, минимизируя воздействие на окружающую среду. Безопасность увеличивается за счет уменьшения рисков для людей при работе в труднодоступных районах.

Однако внедрение этой технологии сталкивается с вызовами. С технической точки зрения, энергопотребление дронов требует мощных аккумуляторов, увеличивающих вес устройств. Также необходимы мощные процессоры для обработки данных в реальном времени, а погодные условия могут влиять на работу дронов. С экономической точки зрения, высокая стоимость оборудования может быть недоступной для небольших хозяйств. Правовые нормы также представляют вызов, так как необходимо соблюдать законы о применении дронов в разных странах.

Развитие технологий открывает новые возможности. Миниатюризация дронов позволит создавать легкие устройства для длительного полета. Использование сетей 5G повысит скорость передачи данных. Развитие машинного обучения улучшит алгоритмы для анализа поведения животных.

Таким образом, интеграция ИИ в системы управления стадами с дронами представляет перспективное направление развития сельского хозяйства. Эти технологии повышают эффективность работы фермеров, улучшают условия содержания животных и минимизируют экологический след. Однако для широкого распространения необходимо решить технические, экономические и правовые проблемы. Будущее за комплексными решениями, сочетающими возможности дронов, ИИ и других цифровых технологий. Такие системы станут основой для создания «умных ферм», где все процессы будут автоматизированы и оптимизированы.

Список используемых источников:

1. Цифровые решения для автоматизации процессов управления животноводческими хозяйствами / А. А. Яблокова, В. В. Калинина, Н. В. Титовская [и др.] // Информатика. Экономика. Управление. — 2024. — Т. 3, № 2. — С. 301-316. — DOI 10.47813/2782-5280-2024-3-2-0301-0316.

Разработка механизма с параллельной структурой с постоянной длиной стоек для работы в условиях экстремальных температур

Мухамедов Н.М.

Научный руководитель — к.т.н. Полянский В.В.

МАИ, Москва

Аэродинамические испытания являются важнейшим этапом разработки летательных аппаратов, позволяющим изучить их поведение в различных режимах полета и оптимизировать конструкцию для достижения максимальной эффективности. Эти испытания особенно критичны для современных задач, таких как создание гиперзвуковых аппаратов, где температура, давление и аэродинамические нагрузки достигают экстремальных значений. Однако проведение таких испытаний сопряжено с рядом серьезных трудностей. Во-первых, сложность управления макетами в условиях высоких температур и аэродинамических нагрузок, а также в вакуумных аэродинамических трубах, что требует использования специализированных материалов и систем позиционирования. Во-вторых, необходимость обеспечения высокой точности измерений при одновременной минимизации влияния внешних факторов, таких как вибрации и тепловое расширение. Эти

вызовы стимулируют поиск новых решений, включая разработку инновационных систем стабилизации и позиционирования макетов.

Таким образом возникает задача разработки устройства позиционирования макета ЛА, которое обеспечивало бы точность линейных перемещений 0,1-1 мм, угловых перемещений по крену, тангажу и рысканию порядка 0,1-0,5 градуса, устойчивость системы в стационарных положениях при воздействии аэродинамического потока, а также плавность и скорость перемещения, так как резкие движения или вибрации могут привести к искажению аэродинамических данных, особенно при изучении турбулентности или переходных процессов [1].

Для решения задачи точного позиционирования макета ЛА перспективное решение представляют собой гексаподы. Они способны обеспечивать точность линейных перемещений, параллельная кинематика гексаподов обеспечивает высокую жесткость, гексаподы позволяют управлять положением макета по шести степеням свободы, обеспечивают плавное и быстрое перемещение. Однако, классическая схема гексапода, связанная с концепцией платформы Гью-Стьюарта, которая состоит из двух платформ (верхней и нижней), соединенных шестью телескопическими стойками переменной длины, не способна решить главные задачи – высокая температурная стойкость (так как приводные элементы не способны выдерживать высокие температуры) и работоспособность в условиях вакуума. Таким образом необходимо приводы платформы расположить вне рабочей зоны, а количество подвижных элементов внутри рабочей зоны свести к минимуму. По итогу анализа существующих конструкций, выяснено, что А.Ф. Крайневым и В.А. Глазуновым разработан ряд схем, в которых рабочая зона отделена от приводных элементов [2]. В таких механизмах перемещение выходного звена осуществляется за счёт движения, соединённых с ним стержней, управляемых линейными приводами, расположенными за пределами рабочей области. Подобные гексаподы называют гексаподами с постоянной длиной стоек. Они состоят из шести жестких стоек постоянной длины, соединенных с подвижной платформой и основанием через шарнирные соединения, а движение платформы происходит за счёт вертикального перемещения нижних опор стоек. Основными преимуществами такой схемы является возможность выноса приводных элементов за пределы высокотемпературной зоны и вакуума, а также обеспечение высокой точности позиционирования и жесткости конструкции благодаря параллельной кинематике и фиксированной длине стоек.

Ключевым аспектом применения гексаподов в таких условиях является выбор термостойких материалов для стоек и шарниров. Для этого могут использоваться керамические композиты на основе карбида кремния (SiC), жаропрочные сплавы на основе никеля или титана, а также углерод-углеродные композиты, которые обладают высокой механической прочностью и устойчивостью к окислению при высоких температурах. Кроме того, необходимо учитывать тепловое расширение материалов, которое может привести к изменению геометрии системы и снижению точности позиционирования [3].

Важным направлением исследований является разработка алгоритмов управления, учитывающих нелинейную динамику системы. Управление гексаподом требует решения обратной задачи кинематики, которая осложняется наличием аэродинамических нагрузок, вибраций и температурных деформаций. Для повышения точности и быстродействия системы могут быть использованы методы адаптивного управления, основанные на обратной связи по данным датчиков положения, нагрузки и температуры.

На данный момент в связи с поставленной задачей, на основе анализа имеющихся конструкций, предложена кинематическая схема гексапода. На ее основе планируется разработать конструкцию и сформировать математическую модель, которая учитывала бы все факторы, воздействующие на систему, способную работать в высокотемпературных условиях сверхзвуковых аэродинамических труб.

Список используемых источников:

1. Архангельская М. Измерения крупноразмерных аэродинамических моделей [Электронный ресурс] // <https://sapr.ru/article/22894> (дата обращения 10.02.2025).
2. Авт. свид. № 1661528 СССР, МПК F16H 21/02, B25J 11/00 Пространственный механизм с шестью степенями свободы: № 4619320: заявл. 15.12.1988, опубл. 07.07.1991 /

Борозна А.Г., Глазунов В.А., Жук В.П., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф., Миодушевский П.В., Модель Б.И., Чернов В.Ф. – 4 с.

3. Moreno S., Goosen D. Photonics Motion Control: Operational strategies mitigate thermal expansion effects on linear positioning systems [Электронный ресурс] // <https://www.laserfocusworld.com/software-accessories/positioning-support-accessories/article/14036816/operational-strategies-mitigate-thermal-expansion-effects-on-linear-positioning-systems> (дата обращения 15.02.2025).

Экспериментальная оценка методов захвата объектов манипулятором робота

Подколзин Д.Д.

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

ФГУП «ВНИИА», Москва

В современном развивающемся мире роботизированные системы находят все более широкое применение в быту, на предприятиях и в других сферах человеческой деятельности. Для выполнения сложных задач по взаимодействию с объектами роботам необходимо овладеть базовыми навыками, среди которых ключевым является надежный захват объектов. Этот процесс требует интеграции сенсорного восприятия, планирования траекторий и точного управления захватом, что особенно сложно в условиях неструктурированных сред или при выполнении задач с высоким уровнем семантической сложности.

В данной работе представлен обзор современных нейросетевых алгоритмов для обнаружения захвата объекта с шестью степенями свободы манипулятором робота. Для обучения и сопоставления результатов используется масштабный набор данных GraspNet-1Billion, включающий разнообразные сцены и объекты. Рассматриваются как методы, непосредственно предсказывающие положения и ориентацию захвата на основе облаков точек, так и подходы с использованием промежуточных представлений («тепловых» карт). Особое внимание уделено оценке точности (с использованием метрик force closure и доли успешных захватов), вычислительной эффективности и способности алгоритмов к обобщению на ранее не встречавшиеся объекты.

Экспериментальная часть работы включает сравнение различных нейросетевых архитектур для обнаружения захвата, таких как GraspNet – baseline [1], Scale – Balanced 6 – DoF Grasp Detection Network (с модулями MsGG, SBL, OBS, NeM) [2] и Efficient Heatmap – Guided 6 – DoF Grasp Detection (HGGD) [3]. Тестирование проводилось в симуляторе MuJoCo: реальные данные с камеры RealSense передавались на вход нейросетям для генерации параметров захвата, после чего в виртуальной среде оценивалось успешность взаимодействия с тестовыми объектами.

Анализ полученных результатов позволил выявить сильные и слабые стороны различных архитектур с точки зрения точности, быстродействия и устойчивости к шуму, а также сформулировать практические рекомендации по выбору методов для решения конкретных задач роботизированного манипулирования.

Таким образом, предложенный обзор и экспериментальная оценка демонстрирует потенциал современных подходов для реализации надежного захвата объектов, что имеет большое значение для практических приложений в робототехнике.

Список используемых источников:

1. Fang H.S., Wang C., Gou M., Lu C. GraspNet-1Billion: A Large-Scale Benchmark for General Object Grasping // 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2020. – DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.01146.
2. Wang H., Zhang Y., Wang Y., Li J. 6-DoF Grasp Detection in Clutter with Enhanced Receptive Field and Graspable Balance Sampling // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2407.01209v2 [cs.RO].
3. Chen S., Tang W., Xie P., Yang W., Wang G. Efficient Heatmap-Guided 6-DoF Grasp Detection in Cluttered Scenes // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2403.18546v2 [cs.RO].

Перспективы внедрения когнитивного искусственного интеллекта в воздушные средства

Покачалов М.Р., Ремизов И.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.

МАИ, Москва

При интеграции технологически сложных процессов управления, обслуживания и эксплуатации авиационных систем критическим аспектом является минимизация ошибок, обусловленных влиянием человеческого фактора. В этой связи целесообразным представляется применение систем, базирующихся на когнитивных технологиях искусственного интеллекта (ИИ), которые способны существенно повысить эффективность автоматизации процедур управления, диагностики и принятия решений.

Современные воздушные суда оснащены автоматизированными системами управления, навигации, мониторинга технического состояния и обеспечения безопасности полётов. Однако человеческий фактор остается значительным риском из-за естественных ограничений человеческих возможностей по обработке больших объемов данных. Применение когнитивных технологий ИИ позволит повысить надежность и безопасность авиатехники за счет оптимизации взаимодействия человека и машины.

Когнитивная нейросетевая архитектура представляет собой адаптивную систему, моделирующую когнитивные процессы человеческого мозга, включая обучение, память и принятие решений. В аэрокосмической отрасли данная технология может применяться для решения следующих задач:

1. Прогностическое техническое обслуживание: анализ данных с бортовых датчиков для предупреждения потенциальных неисправностей.
2. Автоматизация управления полетами: принятие оперативных решений с учетом метеословий, плотности воздушного движения и технического состояния самолета.
3. Обнаружение внешних угроз: использование компьютерного зрения для распознавания препятствий, других воздушных судов и опасных зон.
4. Взаимодействие с наземными службами: передача данных о состоянии судна, маршруте и погоде в реальном времени.

Методология использования когнитивного ИИ включает первичную регистрацию полетных параметров, последующий анализ данных в режиме реального времени и выработку рекомендаций по управлению полетом. Система способна выявлять аномалии, предупреждать о возможных рисках и координировать действия всех участников процесса.

Интеграция когнитивных систем ИИ в авиационные комплексы обеспечит повышение эффективности процедур, снижение влияния человеческого фактора и оптимизацию использования ресурсов. При этом необходимо учитывать технические, правовые и социальные аспекты внедрения для успешной интеграции новых технологий в существующую инфраструктуру.

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: 06.02.2025).
2. Камалов К. Ф., Соколов О. А. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ // Вестник науки. 2023. №11 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-v-grazhdanskoy-aviatsii> (дата обращения: 06.02.2025).
3. Международная организация гражданской авиации. Документы по безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2023_20230823.pdf (дата обращения: 05.02.2025).
4. Кричевский С.В. История безопасности полетов: методология, опыт, перспективы // Научный вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 2. С. 8-17. (дата обращения: 06.02.2025).

Разработка автоматизированной системы для чистки территории на основе беспилотных технологий

Попов В.Д.

Научный руководитель — Лийн Е.А.

МАИ, Москва

В эпоху стремительного развития технологий и урбанизации поддержание чистоты и порядка на территориях ЖК, бизнес-центров и других общественных пространств становится всё более актуальной задачей. Традиционные методы уборки, основанные на ручном труде, уже не соответствуют современным требованиям. Они не только неэффективны, но и требуют значительных затрат ресурсов и человеческих усилий. На поверхности всё равно остаются снег, песок и грязь.

Для решения описанной проблемы предлагается разработать автоматизированную систему очистки территории на основе беспилотных технологий. В отличие от ручного труда, работа беспилотников координируется сервером, что позволяет оптимизировать маршруты и задачи. Это обеспечивает непрерывную и равномерную очистку поверхностей от различных загрязнений, значительно повышая эффективность поддержания чистоты на дорогах и придомовых территориях.

Беспилотники способны обеспечить более высокий уровень очистки по сравнению с ручной работой, что делает их использование более рациональным и результативным.

Проект представляет собой инновационную систему, состоящую из сервера, беспилотных аппаратов и станции подзарядки. Эта система обеспечивает автоматическую и круглосуточную очистку территорий. Беспилотные аппараты оснащены системой охлаждения, которая обеспечивает их стабильную работу даже в условиях повышенных нагрузок.

Зарядная станция, адаптируемая под количество беспилотных аппаратов, обеспечивает их зарядку за 3–4 часа. Благодаря очередной подзарядке, система может работать непрерывно. Каждый беспилотный аппарат способен выполнять очистку территории в течение 10 часов, после чего ему необходимо вернуться на зарядку. Аппараты оснащены возможностью установки сменного навесного оборудования, что расширяет их функциональность и эффективность.

Будет создано несколько видов навесного оборудования, заточенного под определенные задачи в разные сезоны года:

- «Шнек»: загребает и выкидывает снег в определенном направлении.
- «Щётка» (валик): аналог щётки трактора, отбрасывает снег.
- «Отвал» (скребок): толкает снег вперед, если будет установлен под углом, то снег будет во время движения постепенно отодвигаться вбок.
- «Разбрасыватель»: бункер с реагентами (песок, мелкая каменная крошка или «соль») с механизмом, подающим его в разбрасывающий аппарат в задней части беспилотника.

Беспилотные аппараты оборудованы двумя двигателями (FlipSky 7070 110kv) с датчиком Холла, управляемыми регуляторами оборотов (FlipSky VESC 75200), которые передают крутящий момент через редукторы с понижающим числом 1 к 30. В качестве источника питания используется сборный литий-ионный аккумулятор (1P13S на высокотоковых ячейках с ёмкостью 58А) в паре с балансировочным устройством (от DALY bms) с максимальной токопроемкостью в 250А.

Также, они будут оборудованы множеством датчиков, включая 5 камер, 5 ИК-камер для ночного видения, GNSS, инерциальный измерительный модуль (IMU), 3 парктроника, а также 2 лидара.

Сервер играет ключевую роль в координации работы беспилотников, создавая оптимизированные маршруты и планируя время для запуска и возврата аппаратов. Это значительно повышает эффективность очистки территорий. Сервер закладывает маршруты и анализирует изменения, однако аппараты имеют право самостоятельно отклоняться и задерживаться для дополнительной очистки участков, что делает систему гибкой и адаптивной. Также он будет отслеживать погодные условия участков.

Список используемых источников:

1. Карвинен Т., Карвинен К., Валтокари В. Делаем сенсоры: Проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi. М: ООО «И.Д. Вильямс», 2017. 432 с.

2. Alexander Kirillov, Eric Mintun, Nikhila Ravi, Hanzi Mao, Chloe Rolland, Laura Gustafson, Tete Xiao, Spencer Whitehead, Alexander C. Berg, Wan-Yen Lo, Piotr Dollár, Ross Girshick. Segment Anything — 2023 [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/2304.02643/> (дата обращения: 23.01.2025).

Система моделей целераспределения в операции дальнего воздушного боя

Попов Л.В.

Научный руководитель — Скрипниченко Ю.С.

МАИ, Москва

В воздушных операциях, которые предполагают ведение авиационными комплексами дальнего воздушного боя, рациональное использование вооружения является одним из основных факторов, влияющих на ее исход. В современных истребителях 5-го поколения применяются разнообразные алгоритмы целераспределения, которые позволяют повысить эффективность ведения воздушного боя [1]. Основными проблемами, с которой сталкиваются создатели алгоритмов распределения целей, являются: сложность выбора цели, ограниченное число ракет «воздух-воздух», а также широкое разнообразие неопределенных факторов [2]. Современные истребители способны сопровождать десятки целей одновременно, что приводит к усложнению рационального выбора целей для атаки в дальнем воздушном бою, особенно при работе в группе.

Работа посвящена созданию системы моделей целераспределения в операции дальнего воздушного боя.

Система моделей описывает 5 этапов операции:

1) Выход группы в район операции.

2) Сбор информации о целевой обстановке авиационными комплексами группы.

3) Передача информации командиру группы авиационных комплексов оперирующей стороны.

4) Комплексование и обработка информации. Распределение целей.

5) Пуск управляемых ракет воздух-воздух и сопровождение этих ракет до цели.

Выбор оптимального распределения целей основан на сравнении всех вариантов по весовой оценке. Максимальная весовая оценка будет соответствовать оптимальной стратегии распределения целей [3].

Программная реализация выполняет оценку распределения целей и создает выборку из наилучших стратегий целераспределения и соответствующие оценкам массивы назначений для авиационных средств поражения оперирующей стороны. Выборка может применяться для выработки принципов построения оперативных алгоритмов целераспределения, путем ее анализа [4].

В качестве примера практического применения системы моделей целераспределения был проведен модельный эксперимент. В результате эксперимента выбирается наиболее подходящие характеристики авиационных средств поражения оперирующей стороны из рассматриваемых. Оценка распределения целей рассчитывается для каждого набора характеристик ракет, затем выбирается оптимальная. Выбор оптимальных характеристик производится по оценке оптимального распределения целей для данных условий операции.

Список используемых источников:

1. Ивенин И.Б., Малафеев И.В., Свободин В.С., Скрипниченко Ю.С. Моделирование конфликта в поддержку задач внешнего проектирования перспективной авиационной техники – Москва: ГосНИИАС, 2023. – С. 29-30.

2. Ивенин И.Б., Свободин В.С., Скрынников А. А. Построение оперативных алгоритмов целераспределения для бортовых систем принятия решений – Москва: ГосНИИАС, 2020.

3. Скрипниченко Ю. С., Никифоров Н. С., Левков В. Г., Овчинников Д. И. Разработка системы алгоритмов поддержки принятия решений экипажем АБК на этапе целевого применения и создание системы моделей тестирования СППР – Москва: ГосНИИАС, 2013. – С. 41.

4. Малафеев И.В., Сажнев Е.С. Модель выбора рациональных параметров алгоритма самонаведения ракеты «воздух-воздух» на маневрирующую воздушную цель – Москва: ГосНИИАС, 2019. – С. 34-36.

Влияние космоса на экзоскелет

Преснова Е.С., Уткина А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ручина Н.В.

МАИ, Москва

Экзоскелеты, как передовая технология, всё активнее внедряются в различные сферы человеческой деятельности, от медицины и реабилитации до промышленности и обороны. Однако с развитием космической отрасли и планами по долгосрочному пребыванию человека в космосе возникает необходимость адаптировать эти устройства для работы в экстремальных условиях внеземного пространства.

Одной из актуальных проблем использовании ракетно-космической техники является быстрый износ оборудования из-за внешних факторов. Ограниченные возможности маневрирования, а также нештатные ситуации, возникающие в ходе полета космических аппаратов, такие как сбой в работе бортовых систем, деградация солнечных батарей и износ конструктивных элементов, значительно сокращают запланированный срок их эффективного функционирования на орбите. [1].

Космос является уникальной средой, оказывающей значительное воздействие на материалы, механические свойства и электронику экзоскелета, а также на физиологию пользователя. Космическая радиация может вызывать изменения в атомной структуре металлов, и если эти изменения достаточно серьезны, это может существенно снизить усталостную прочность материала. Ультрафиолетовое излучение также способно негативно влиять на многие пластиковые материалы, делая их хрупкими, а также вызывать деградацию и сбой в работе полупроводниковых устройств. Высокие уровни радиации могут привести к разрушению полупроводниковых материалов, что снижает их эффективность и увеличивает риск выхода из строя.

Экзоскелет под кодовым названием Х1 в будущем поможет астронавтам перемещаться по поверхности Марса. Часть технологий для экзоскелета была позаимствована из другого проекта NASA – андроида Robonaut 2, в рамках которого были разработаны человекоподобные роботы для помощи космонавтам на Международной космической станции [2].

Длительное нахождение в условиях невесомости вызывает нарушения в костной ткани и проблемы с передвижением из-за атрофии мышц. В этом случае экзоскелеты могут помочь поддерживать физическую форму космонавтов в условиях гравитации. Экзоскелет Х1 – это устройство, которое может как облегчать, так и усложнять движения ногами, что позволяет космонавтам получать необходимую физическую нагрузку в невесомости. Кроме того, его можно использовать для реабилитации людей с парализованными конечностями.

Первые исследования экзоскелетов сосредоточились на анализе внешнего покрова насекомых, состоящего из хитина и кутикулы. Этот покров обеспечивает защиту насекомым от механических и частично химических воздействий. Кутикула обладает прочностью, сопоставимой с металлом, если сравнивать по весу. Ученые выращивали саранчу (*Locusta migratoria*) в течение нескольких недель в специально разработанной центрифуге, имитировавшей гипергравитацию — ускорение, которое создавало для насекомого аналог силы тяжести выше обычной [3]. По итогам испытания ученые выяснили как биологические материалы способны адаптироваться в неблагоприятных условиях среды. Данные исследования могут помочь в создании таких материалов, которые будут устойчивы не только к агрессивной среде космоса, но и других средах в повседневной жизни человека.

Список используемых источников:

1. Силантьев С., Фоминов И., Королев С. Космическая робототехника // РОБОТЫ на орбите. – 2016. – №2(87). – С. 119-123.

2. Инженеры NASA создали экзоскелет для астронавтов и инвалидов // БОИ URL: https://www.voi.ru/news/all_news/novosti_strany/inzenery_nasa_sozdali_ekzoskelet.html (дата обращения: 25.02.2025).

3. Гипергравитация сделала экзоскелет саранчи прочнее // NAKED SCIENCE URL: <https://naked-science.ru/article/biology/gipergravitatsiya-sdelala> (дата обращения: 25.02.2025).

Создание сверхпрецизионных мехатронных модулей для монохроматора

Сверчков Д.М., Буренкова А.Р., Иванов Р.М.

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

МАИ, Москва

На сегодняшний день в России на различных стадиях создания находятся четыре проекта установок синхротронного излучения, которые играют ключевую роль в современных исследованиях в области физики, химии, биологии и материаловедения. Однако, в России отсутствует производство отечественного научного оборудования, необходимого для полноценного функционирования синхротронов. Одним из критически элементов инфраструктуры синхротронного комплекса является монохроматор — высокоточный спектральный оптико-механический прибор, предназначенный для выделения монохроматического излучения.

На сегодняшний день в МАИ реализуется проект, целью которого является создание главной поворотной оси монохроматора. При этом характеристики разрабатываемого узла и монохроматора в целом, в перспективе должны превосходить характеристики существующих зарубежных аналогов.

Для достижения поставленной в рамках проекта цели необходимо решить следующие задачи:

- минимизация влияния внешних возмущений, например, подвижность фундаментов, работы вакуумных насосов и пр., на стабильность пространственного положения полезной нагрузки (кристаллов монохроматора);
- обеспечение заданной субсекундной дискретизации угла поворота главной оси монохроматора;
- синтез существующих и поиск новых технологий для изготовления сверхпрецизионных мехатронных модулей.

Для решения поставленных задач на этапе проектирования разработана кинематическая схема мехатронного модуля, включающая в себя шаговый двигатель, волновой редуктор, червячную передачу и подвижные сочленения. В кинематической схеме двигатель объединен с волновым редуктором, вращение которого передается на червячную передачу. На венце червячной пары установлена полезная нагрузка, вращающаяся вокруг главной оси монохроматора-оси Брэгга.

Выбор двухступенчатого редуктора из волновой и червячной передач обусловлен их способностью обеспечивать минимальный люфт, что критически важно для высокоточных систем (в нашем случае суммарный люфт составляет 0,06 угл.сек) и положительно влияет на пространственную стабильность позиционирования полезной нагрузки. Минимизация дискретного шага вращения выходного звена обеспечивается большим суммарным передаточным числом, которое составляет 28800 единиц. Полученная величина передаточного числа позволяет обеспечить поворот полезной нагрузки на 0,1 угловой секунды при делителе шага шагового двигателя 1/400.

Управление вращением выходного звена, разрабатываемого мехатронного модуля осуществляется при помощи контроллера, а также абсолютным энкодером и энкодером на валу двигателя.

В рамках проведения расчета механизма на точность, с точки зрения механики, в проекте выявлена проблема, связанная с тем, что допустимые отклонения в существующих классах подшипников, регламентируемые действующим ГОСТом, превышают требуемое биение выходного фланца механизма (3 мкм-радиальное биение и 1 мкм-осевое). Для решения указанной проблемы предлагается использование метода «селективной сборки» подшипников, заключающегося в подборе максимально похожих по геометрии тел качения

подшипников. Данный метод позволяет минимизировать зазоры и отклонения, обеспечивая более равномерное распределение нагрузок и снижение биения. Селективная сборка требует тщательного контроля и измерения параметров каждого подшипника, но ее применение оправдано в условиях, где точность является критически важным параметром. Этой же цели служит доводка колец подшипников путем шлифовки на прецизионных шлифовальных станках.

Также для минимизации радиальных и осевых биений, планируется использование «теории смазки», особенно при реализации малых перемещений при страгивании механизма, происходящего после длительного простоя вала (влияние попадания смазки в клиновой зазор шариков и роликов в подшипнике). Предварительный анализ показал, что перспективным является использование гибридных подшипников с керамическими телами качения и сведение за счет этого количества смазки к минимуму, вплоть до её полного исключения из подшипников.

Для обеспечения минимальных зазоров в червячной паре использован метод «оценки пятна контакта» при регулировке червячной передачи с учетом нулевого зазора в зацеплении. В ходе проведённых работ, оптимальным решением была признана «притирка» червячной пары.

С учетом указанных научно-технических решений и полученной кинематической схемы разработана конструкция двух типов мехатронных модулей, на основе которой изготовлен макет одного из типов для проверки принятых решений. На сегодняшний день разрабатывается методика проведения лабораторных испытаний для первичного подтверждения требований к механизмам, заявленных в ТЗ.

Список используемых источников:

1. Детали машин: учебник для вузов / Андриенко Л. А., Байков Б. А., Захаров М. Н. и др.; ред. Ряховский О. А. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 465 с. (Terra Mechanica).
2. Механика авиационных робототехнических систем : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Робототехн. системы авиац. Вооружения» направления подгот. дипломир. специалистов «Интегрир. системы летат. Аппаратов» / [В. А. Нестеров, В. В. Волгин, Е. М. Зверев и др.] ; Под общ. ред. В. А. Нестерова ; М-во образования Рос. Федерации. Моск. авиц. ин-т (гос. техн. ин-т). — 2. изд. — М.: Изд-во МАИ, 2003. — 367 с.
3. Самсонович С. Л. Основы конструирования электрических, пневматических и гидравлических исполнительных механизмов приводов летательных аппаратов: Учеб. пособие для студентов вузов / С.Л. Самсонович; М-во образования Рос. Федерации. Моск. авиц. ин-т (гос. техн. ун-т). — М.: Изд-во МАИ, 2002. — 243 с.

Система картографии сельскохозяйственных полей в беспилотном летательном аппарате агропромышленного типа с использованием технологий ИИ

Сокольников Я.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.
МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается активное внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в агропромышленный комплекс, однако существующие методы картографирования сельскохозяйственных угодий с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) остаются недостаточно точными и адаптивными. Используемые алгоритмы обработки данных часто не учитывают специфику агроландшафтов, а системы компьютерного зрения не способны эффективно анализировать многомерные показатели состояния полей в реальном времени. В результате фермеры сталкиваются с проблемами недостаточной точности мониторинга, что приводит к неоптимальному внесению удобрений, ирригации и защите растений, увеличению затрат и снижению урожайности. Отсутствие унифицированной и адаптивной системы картографии с применением технологий ИИ в сельскохозяйственных БПЛА создаёт потребность в разработке

комплексного решения, обеспечивающего высокоточную картографию полей и интеграцию полученных данных в цифровые системы управления сельским хозяйством.

Таким образом, разработанная система картографии сельскохозяйственных полей в БПЛА агропромышленного типа с использованием технологий ИИ включает следующие этапы:

1. Сбор данных

БПЛА, оснащенные мультиспектральными и гиперспектральными камерами, проводят аэрофотосъемку полей. Данные, полученные в видимом и инфракрасном диапазонах, позволяют оценить степень фотосинтетической активности растений, выявить очаги заболеваний и определить уровень влажности почвы.

2. Предобработка изображений

Полученные снимки подвергаются коррекции освещённости, фильтрации шумов и геопривязке с использованием алгоритмов геоинформационных систем (ГИС). Дополнительно применяется алгоритмическая обработка изображений для компенсации атмосферных искажений.

3. Анализ данных с применением ИИ

Используются глубокие нейросетевые модели, такие как U-Net, DeepLabV3 и YOLO, способные выполнять семантическую сегментацию растительности и почвы. Для анализа временных изменений состояния полей применяется рекуррентная нейросеть LSTM, позволяющая прогнозировать динамику роста культур и выявлять потенциальные угрозы, такие как засуха или вспышки фитопатогенов.

4. Формирование карт и принятие решений

На основе анализа данных генерируются тематические карты (карты продуктивности, уровня влажности почвы, зон поражения вредителями). Эти карты интегрируются в цифровые агроплатформы, которые, с помощью экспертных систем, предлагают фермерам оптимальные стратегии внесения удобрений, орошения и защиты растений.

В разработанной системе картографии в БПЛА сельскохозяйственного типа применение ИИ используется для повышения эффективности картографирования полей за счёт:

- Автоматического анализа полученных данных и выделения зон с различной степенью продуктивности.
- Определения проблемных участков, включая очаги засухи, заражения вредителями и нехватки питательных веществ.
- Классификации типов почвы и растительности с целью создания детализированных аграрных карт.
- Интеграции картографических данных в системы управления сельскохозяйственным производством для точного планирования агротехнических мероприятий.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в картографировании сельскохозяйственных полей на базе БПЛА позволяет повысить точность мониторинга полей, что ведёт к сокращению затрат на агротехнические мероприятия и снижению использования химических удобрений. Кроме того, интеллектуальная обработка данных картографирования даёт возможность более точного прогнозирования состояния посевов и принятия своевременных мер для повышения урожайности.

Список используемых источников:

1. Чиркин С. О., Картечина Н. В., Рубанов В. А. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Наука и образование. – 2022. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 12.01.2025).
2. Ломазов В. А., Петросов Д. А., Оганова И. Б. Информационное моделирование на основе применения геоинформационных технологий при оценке земель сельскохозяйственного назначения // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – 2013. – С. 43-45.
3. Сарычева О. А., Войнов А. С., Польшакова Н. В. Использование ГИС в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения в нечерноземных зонах // Аграрный сектор экономики России: пути к эффективности. – 2015. – С. 235-239.

Оптическая измерительная система для определения положений лепестков многолепесткового коллиматора

Стручков Ю.К.

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

ФГУП «ВНИИА», Москва

Многолепестковый коллиматор (МЛК), является частью комплекса дистанционной лучевой терапии. Он устанавливается на гантри – устройстве перемещения коллиматора и источника. В процессе проведения сеанса лечения гантри вращается вокруг пациента, а МЛК формирует поля облучения различной формы, что позволяет подвести предписанную терапевтическую дозу строго к мишени, минимизируя при этом нагрузки на окружающие мишень здоровые органы и ткани.

МЛК состоит из вольфрамовых пластин (лепестков), которые занимая определенное положение формируют облучаемую область. Количество лепестков в современных многолепестковых коллиматорах составляет порядка 80–160 шт. [1, 2]. Поскольку изменение положений лепестков связано с положением гантри относительно пациента, системе управления требуется получать положения лепестков в режиме реального времени с достаточно высокой точностью (порядка 0,1 мм) [1]. При этом скорость перемещения лепестков составляет величину порядка 20–40 мм/с [1], сами лепестки расположены вплотную друг к другу, ширина одного лепестка около 2 мм.

Как датчики положения лепестков применяют энкодеры (датчик угла поворота вращающегося устройства) и потенциометры (как например в МЛК Varian [1]). Нередко в качестве измерительной измерительной системы производители применяют системы технического зрения (СТЗ), как например в коллиматоре Elekta Agility [3].

В данной работе для определения положений лепестков МЛК предлагается оптическая измерительная система. Разработан алгоритм определения положений лепестков макета МЛК по их изображению, получаемому с камеры. Разработано программное обеспечение, позволяющее получать положения лепестков макета МЛК в режиме реального времени. Разработана методика для оценки точности разработанной системы. Проведена оценка разработанной системы по разработанной методике.

Список используемых источников:

1. Mayles P., Nahum A., Rosenwald J.C. Handbook of radiotherapy physics. Theory and practice. – Taylor & Francis Group, LCC, 2007.
2. Jeraj Matjaž, Robar Vlado Multileaf collimator in radiotherapy // Radiol Oncol. – 2004. 38(3). P. 235–40.
3. Christopher N. Kabat, Dewayne L. Defoor, Pamela Myers et al. Evaluation of the Elekta Agility MLC performance using high-resolution log files // Medical Physics. – 2018.

Использование видеокамеры для оптимизации траектории сканирования лазерным дальномером

Суравейкин Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Войсковский А.П.

МАИ, Москва

В данной работе предложен метод оптимизации процесса сканирования окружающей среды с использованием видеокамеры и лидара. Основная цель — повышение эффективности и точности сканирования за счет интеллектуального анализа видеопотока и построения оптимального маршрута движения лидара. Процесс начинается с сегментации видеопотока с помощью нейронной сети YOLOv5, которая выделяет ключевые области, представляющие интерес для сканирования. Эти области включают препятствия и другие объекты, которые необходимо учитывать при построении маршрута.

На основе сегментированных видеок кадров строится тепловая карта, которая отражает динамику окружающей среды. Каждый пиксель на тепловой карте имеет значение, зависящее от времени, в течение которого он был классифицирован как часть препятствия. Чем дольше пиксель остается в зоне препятствия, тем выше его значение на тепловой карте

(условно говоря, он «нагревается»). Напротив, участки, где препятствия отсутствуют, постепенно «остывают», то есть их значения уменьшаются. Это позволяет учитывать не только статические, но и динамические изменения в окружающей среде.

Для оптимизации маршрута сканирования выбираются только те точки на тепловой карте, значение которых превышает заданный порог (например, 180 из 255). Это позволяет сосредоточиться на наиболее важных областях. Однако количество таких точек может быть слишком большим для эффективного решения задачи коммивояжёра, которая требует построения оптимального маршрута через все заданные точки. Чтобы упростить задачу, точки кластеризуются, что позволяет выделить обобщенные центры объектов, представляющих интерес. В результате вместо сотен точек остаются десятки, что значительно снижает вычислительную сложность задачи.

На следующем этапе кластеризованные точки используются как вершины графа, на котором решается задача коммивояжёра. Цель — найти кратчайший маршрут, который проходит через все заданные точки. Поскольку задача коммивояжёра является NP-полной, для поиска субоптимального решения применяются эвристические методы, такие как муравьиный алгоритм. Этот алгоритм позволяет найти достаточно эффективный маршрут за приемлемое время.

Полученный маршрут передается в систему управления лидаром, которая перемещает его в соответствии с заданной траекторией. Важным аспектом является обновление тепловой карты по мере сканирования: точки, которые были успешно просканированы, сбрасываются в ноль. Это предотвращает повторное сканирование одних и тех же областей и позволяет лидару сосредоточиться на новых или изменяющихся объектах.

Таким образом, предложенный метод позволяет эффективно использовать лидар для сканирования окружающей среды, минимизируя время и ресурсы, затрачиваемые на этот процесс. Он сочетает в себе современные методы компьютерного зрения, машинного обучения и оптимизации, что делает его применимым в задачах, связанных с автономными транспортными средствами, робототехникой и другими областями, где требуется точное и быстрое сканирование окружающего пространства.

Список используемых источников:

1. Редмон, Дж., Фархади, А. YOLOv3: An Incremental Improvement [Электронный ресурс] / Дж. Редмон, А. Фархади. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1804.02767> (дата обращения: 10.10.2023). — arXiv:1804.02767.
2. Дориго, М. Муравьиные алгоритмы: теория и приложения [Текст] / М. Дориго, Т. Штуцле; пер. с англ. — М.: Мир, 2004. — 312 с.
3. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение [Текст] / Я. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвиль; пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 652 с.

Браслет-трекер для обнаружения утопающих на воде с функцией экстренного оповещения

Туманов Е.А., Ляхов П.А., Земсков П.А.

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

МАИ, Москва

В современном мире технологии играют важную роль в обеспечении безопасности людей, особенно в экстренных ситуациях, например, во время отдыха на воде. По данным ВОЗ, утопление является одной из самых распространённых причин смерти по неосторожности [1]. Традиционные методы наблюдения за людьми на воде, такие как визуальный контроль спасателей или использование спасательных жилетов, не всегда оказываются достаточно эффективными, особенно в условиях большого скопления людей или при отсутствии должного внимания со стороны окружающих. В связи с этим возникает необходимость в разработке инновационных устройств, способных оперативно обнаруживать опасные ситуации и своевременно оповещать о них [2]. Одним из таких решений может стать браслет-трекер, оснащённый функцией обнаружения утопления и экстренного оповещения. Подобное устройство способно автоматически отправлять сигнал

тревоги в случае возникновения критической ситуации, что значительно повышает шансы на своевременное оказание помощи.

Целью данной научной работы является разработка концепции и прототипа браслета-трекера для обнаружения утопающих на воде с функцией экстренного оповещения. В рамках исследования будут рассмотрены современные технологии мониторинга состояния человека, методы обработки данных с датчиков, а также способы интеграции устройства в существующие системы безопасности. В ходе исследования был разработан прототип браслета, работающий на микроконтроллере Arduino и способный передавать сигнал SOS в экстренных ситуациях [3].

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью снижения количества несчастных случаев на воде, а также растущим спросом на интеллектуальные устройства, способные повысить уровень безопасности человека в повседневной жизни.

Целью данной научной работы является разработка концепции и прототипа браслета-трекера для обнаружения утопающих на воде с функцией экстренного оповещения. В рамках исследования будут рассмотрены современные технологии мониторинга состояния человека, методы обработки данных с датчиков, а также способы интеграции устройства в существующие системы безопасности. В ходе исследования был разработан прототип браслета, способный передавать сигнал SOS в экстренных ситуациях.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью снижения количества несчастных случаев на воде, а также растущим спросом на интеллектуальные устройства, способные повысить уровень безопасности человека в повседневной жизни.

Список используемых источников:

Буреєв А. Ш. и др. Спасательные роботы: краткий обзор технических решений // Технологии безопасности жизнедеятельности. 2023. № 3. С. 78-87. – 2023.

2. Улли С. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino (2-е изд.). – БХВ-Петербург, 2016.

3. Петин В., Биняковский А. Практическая энциклопедия ARDUINO. – Litres, 2022.

Система обеспечения рабочего температурного режима эксплуатации аккумуляторных батарей мобильной роботизированной платформы

Черкасов М.С., Шалынков С.А.

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

ТулГУ, Тула

Развитие мобильных роботизированных платформ (МРП) идёт в быстром темпе, за работоспособность и длительность работы в первую очередь отвечают аккумуляторные батареи. Для повышения характеристик платформы следует определить верхний предел температур, при которых сохраняется эффективность работы МРП в разных условиях эксплуатации, а также подобрать наиболее подходящий способ охлаждения с учётом конструктивных особенностей платформы.

Так как в современном мире задействование различных роботов происходит повсеместно, то и условия эксплуатации могут варьироваться, что усложняет задачу подбора выбора системы охлаждения для источника тока.

В рамках работы проведены тесты с имеющимися моделями АКБ на созданной платформе для определения верхнего порога температур в ходе тестов получены результаты для дальнейших исследований.

В ходе проведения исследований по рассматриваемому вопросу были предложены следующие варианты регулировки температурного состояния аккумуляторов:

- температурная компенсация процессов заряда, регуляция температуры в таком случае происходит за счёт увеличения и уменьшения подаваемого через провода напряжения (Компания MEAN WELL использует данную систему на изготавливаемых батареях);

- отвод тепла с помощью теплоотводящих элементов, данный способ применим только для исключения перегрева в нём главную роль выполняют металлы, хорошо передающие

тепло и у которых есть возможность выводить его из механизма, например, алюминий и медь. (компания Electrolux активно использует данный способ в своих кондиционерах);

– использование вынужденной конвекции. Самый прост способом является принудительное нагнетание воздуха из атмосферы с помощью вентилятора, но данный способ требует создания системы воздуховодов.

В ходе проведённых исследований в программном комплексе сформированы несколько 3Д-моделей с учётом размеров существующих подходящих по габаритам систем, выбран лучший вариант для отвода тепла и размещения остальной аппаратуры, а также проведено численное моделирование тепловых процессов и процессов конвекции.

Работа выполнена в рамках соглашения о развитии №6 от 31.10.24 конструкторского бюро «Беспилотные авиационные системы».

Список используемых источников:

1. В.С. Глухов, Р.А. Галустов, А.А. Дикой, И.В. Дикая. История и современность развития роботов : учебное пособие// Армавирский государственный педагогический университет, 2019.

2. П.В. Балабанов. Программирование робототехнических систем : учебное пособие// Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.

Применение параллельных локально-вычислительных сетей в системах управления и робототехнических системах

Чибизов А.А.

ФГУП «ВНИИА», Москва

В современном мире все большее распространение получают роботизированные и автоматизированные системы. Постоянное усложнение систем управления за счет расширения функционала требует более сложных схемотехнических и архитектурных решений.

Все чаще в различных сферах появляются требования по применению технологий, связанных с искусственными нейронными сетями, требующие больших вычислительных мощностей. При этом, например, при проектировании космических аппаратов предъявляются высокие требования к надежности системы управления и массогабаритным характеристикам. Таким образом появляется запрос на систему управления, обладающую высокой надежностью, малой массой и габаритами, а также достаточной производительностью для использования нейронной сети непосредственно на борту, т.е. автономно.

Для выполнения поставленных требований, предлагается реализовать систему управления на основе параллельной локальной вычислительной сети. Параллельная сеть, основанная на двудольном однородном квазипольном графе [1], позволяет обеспечить высокое быстродействие за счет синхронной работы нескольких вычислителей, небольшую массу за счет косвенного резервирования, а также повысить надежность, благодаря возможности распределения вычислительных потоков.

Система управления, основанная на параллельной сети, имеет множество преимуществ перед традиционным подходом к проектированию систем автоматического управления. В частности, в космической сфере для обеспечения надежности используется четырехкратное резервирование вычислителей [2], выполняющих одну и ту же функцию, причем три из них связаны мажоритаром, а четвертый находится в холодном резерве. Использование параллельной сети позволит при том же количестве вычислителей гибко распределять между ними задачи за счет быстродействующих интерфейсов, тем самым оптимизируя вычислительный процесс. В случае использования большего количества вычислителей имеется возможность отказаться от использования мажоритары, тем самым повышается гибкость системы управления и ее масштабируемость.

Таким образом, наработки, полученные в космической отрасли, можно применять в роботизированных системах. Применение высокопроизводительной параллельной сети может значительно повысить вычислительную мощность роботизированных систем, где используются искусственные нейронные сети непосредственно на самом аппарате.

Список используемых источников:

1. Каравай М.Ф., Пархоменко П.П., Подлазов В.С. Комбинаторные методы построения двудольных однородных минимальных квазипольных графов (симметричных блок-схем) //Автоматика и телемеханика. 2009 №2 С. 153-170.
2. Бортовые системы управления космическими аппаратами: Учебное пособие / Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Под редакцией А.С. Сырова – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.

Секция №6.2 Системы авиационного вооружения

Телевизионная система самонаведения управляемых авиационных средств поражения

Алалыкин А.С., Благодельский А.И., Файзуллин И.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балаян С.Т.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Дальность применения управляемых авиационных ракет с телевизионным наведением ограничивается необходимостью визуального контакта с целью и зависит от условий видимости цели в месте ее применения. При этом, наведение управляемой ракеты осуществляется вручную, что увеличивает время нахождения самолета в зоне действия ПВО противника.

Работа посвящена повышению эффективности систем самонаведения авиационных средств поражения с телевизионным наведением класса «воздух-поверхность» за счет автоматизации поиска, обнаружения, распознавания и наведения управляемых ракет на наземные цели.

В существующих образцах УАР класса «воздух-поверхность» применяется корреляционный метод обработки видеосигнала.

Данный метод имеет следующие недостатки:

- недостаточно большая дальность пуска УАР;
- низкая помехозащищенность системы;
- низкая надежность захвата цели;
- необходимость вмешательства лётчика (оператора).

Для устранения данных недостатков была разработана телевизионная система самонаведения управляемых авиационных средств поражения, основанная на нейросетевых алгоритмах, которая предназначена для поиска, обнаружения, распознавания наземных целей и автоматического наведения УАР.

Работа системы основана на нахождении общих особых точек при сравнении текущего и эталонного изображений наземной цели в процессе наведения ракеты. Ключевой особенностью системы является разработанный нейросетевой алгоритм обновления эталонного изображения, благодаря которому система становится устойчивой к изменениям фоно-целевой обстановки. Кроме того, система включает в себя алгоритм обнаружения и противодействия оптических помех, таких как дымовые завесы и мерцающие помехи.

По сравнению с корреляционным алгоритмом, наведение с помощью разработанного нами алгоритма происходит автоматически, без участия лётчика в автономном режиме. Кроме того, представленный алгоритм обладает большей помехоустойчивостью за счет постоянного обновления эталонного изображения цели в процессе наведения ракеты.

Данные преимущества позволяют:

- увеличить дальность пуска УАР класса «воздух-поверхность» не менее чем на 20%;
- повысить вероятность поражения наземной цели не менее чем на 18%;
- сократить время нахождения самолёта носителя в зоне действия ПВО противника.

Список используемых источников:

1. Аль Сафтли Ф.Х., Балаян С.Т. Исследование алгоритма по обнаружению особых точек на изображении и использование его в системах наведения ракет. Воздушно-космические силы. Теория и практика. ISSN 2500 – 4352. Рецензируемое электронное периодическое издание № 15, 2020. С.193–208.

Разработка перспективной авиационной тары подвесных изделий летательных аппаратов

Зезетко З.А., Гаврин В.Г., Чернышов А.Ю.
Научный руководитель — Мартынкевич Д.С.
МАИ, Москва

Современная деревянная тара для авиационных подвесных изделий, несмотря на кажущуюся доступность, имеют ряд критических недостатков. В настоящий момент для их производства массово вырубается леса, что наносит значительный ущерб экосистеме. Следует отметить, что древесина обладает плохими эксплуатационными свойствами, такими как высокая гигроскопичность, подверженность биоповреждениям, воспламеняемость и малая механическая прочность, что снижает надежность хранения боеприпасов. Кроме того, деревянные конструкции имеют высокую массу, что увеличивает затраты топлива и ресурса двигателей при транспортировке, а также усложняет работу с ними специалистов по авиационному вооружению (АВ).

Применение композиционных материалов (КМ) позволит изменить ситуацию. Использование армированных полимеров на основе угле- и стекловолокна обеспечит снижение массы контейнеров и повысит прочность конструкции и сопротивление внешним воздействиям. Внедрение таких материалов гарантирует изоляцию снарядов даже в экстремальных и опасных условиях, что недостижимо для дерева. Технологичность КМ открывает возможности для создания модульных конструкций с удобными креплениями, ускоряющими погрузочно-разгрузочные операции.

Экологический аспект не менее важен. Современные пластики подлежат переработке, что позволяет снизить загрязнение окружающей среды. Испытаниями подтверждено, что срок службы изделий из КМ превышает срок службы изделий из дерева, из чего следует уменьшение загрязнения природы пластиком. Применение таких материалов помогает снизить углеродный след, создаваемый военно-промышленным комплексом (ВПК).

Список используемых источников:

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. – 6-е изд., испр. и доп.// под общ. ред. А.А. Берлина. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2024. – 712 С., ил. ISBN 978-5-9884-136-5.

2. Полилов А.Н. Этюды по механике композитов // М: Физматлит, 2016 г., 320 С. ISBN: 978-5-9221-1617-6.

3. Композиционные материалы : классификация, состав и структура, свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений Российской Федерации, обучающихся по специальности высшего профессионального образования 24.05.07 «Самолето- и вертолестроение» и направлениям подготовки бакалавров и магистров 24.03.04, 24.04.04 / А.А. Зотов, В.И. Резниченко. – Москва : Вузовская книга, 2015. – 131 с. : ил. - Библиогр.: с. 126-128 (53 назв.). – ISBN 978-5-98688-182-9.

Формирование технического облика вертолётных средств противодействия воздушным атакам противника

Киселев А.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Правидло М.Н.

АО «Гос МКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», Москва

Боевой вертолёт как носитель авиационных средств поражения (АСП), представляет собой один из основных типов боевых летательных аппаратов (ЛА), стоящих на вооружении армейской авиации.

Вертолёт – малоскоростной и маловысотный ЛА, что повышает его незаметность в фоно-целевой обстановке (существует возможность укрываться в складках местности поверхности земли). Однако, как показала специальная военная операция (СВО), в настоящее время решение вопроса идентификации, захвата и последующего поражения вертолёта силами и средствами противовоздушной обороны (ПВО) и АСП в условиях боя

значительно продвинулось, снижая удельный вес данной ключевой особенности ЛА типа «вертолёт».

Анализ опыта СВО показывает необходимость включения в состав комплекса авиационного вооружения (КАВ) вертолётов авиационных управляемых ракет (АУР) класса «воздух-воздух» для решения следующих боевых задач:

- защита вертолёт в режиме противоракетной обороны (ПРО);
- противодействие высокоманевренным воздушным целям (ВЦ) типа «беспилотный летательный аппарат» (БПЛА);
- поражение мало-/средневысотных пилотируемых летательных аппаратов.

Ограничение массы боевой нагрузки (максимальная грузоподъемность) вертолёт требует учёта ограничений на массово-габаритные характеристики АУР. Отмеченное в свою очередь приводит к ограничению на максимальные и минимальные дальности зоны возможных пусков (ЗВП) АУР при применении с вертолёт-носителя. Однако в силу большой дальности пуска ракет с самолётов противника, вышеуказанное ограничение предлагается преодолевать комплектацией АУР рассматриваемого класса боевой частью, эффективной для поражения АСП противника в режиме ПРО вертолёт (в режиме поражения АУР класса «воздух-воздух» и зенитных ракет противника).

Для включения в состав КАВ боевого вертолёт АУР класса «воздух-воздух» необходимо создание установки авиационного вооружения (УАВ), решающей следующие задачи совместности проектируемой АУР с вертолёт-носителем на участке совместного полёт и на начальном участке автономного полёт ракеты:

- обеспечение газодинамической совместности АУР с газотурбинным двигателем боевого вертолёт на начальном участке полёт;
- обеспечение сохранения аэродинамической устойчивости вертолёт в момент отделения ракеты и аэродинамических характеристик (АДХ) вертолёт, характеризующих его маневренные возможности, на этапе совместного полёт ракеты с вертолёт-носителем;
- обеспечение минимальных массовых, инерционных и габаритных характеристик ракеты на УАВ для удовлетворения требованиям по общей грузоподъемности вертолёт-носителя и обеспечения возможности безопасного отделения ракет других классов при различных конфигурациях подвесок АСП, входящих в состав КАВ боевого вертолёт. Следует отметить, что данное условие обуславливает малые дальности полёт ракеты, что допустимо в условиях применения данного класса ЛА при решении боевых задач в ближней тактической зоне (БТЗ);
- обеспечение пространственной устойчивости ракеты на начальном участке полёт в условиях малой скорости вертолёт-носителя и значительного воздействия на ракету аэродинамической интерференции, обусловленной воздушным потоком от несущего винта носителя.

Указанные задачи позиционируются как сложные научно-технические задачи, поскольку их решение требует знаний положений теоретической механики, термогазодинамики, теории управления и динамики полёт управляемого БПЛА.

Список используемых источников:

1. О.В. Ермолин, Н.П. Зубов, М.В. Фомин Применение ударной авиации воздушно-космических сил в военных конфликтах будущего // Военная мысль. – 2023. – №2.

2. Боевые вертолёты – основа для противодействия прорывам бронетанковых подразделений противника в зоне СВО // Военное обозрение URL: <https://topwar.ru/219055-boevye-vertolety-osnova-dlja-protivodejstviya-proryvam-bronetankovyh-podrazdelenij-protivnika-v-zone-svo.html> (дата обращения: 28.06.2024).

3. В. Литвиненко, кандидат военных наук, полковник в отставке С каким вооружением стран НАТО сталкиваются военнослужащие ВС РФ в ходе специальной военной операции // Армейский сборник. Журнал Министерства Обороны Российской федерации. – 2023. – №3.

4. А.С. Будник, кандидат военных наук, полковник запаса Опыт применения вертолетов армейской авиации в локальных войнах и вооруженных конфликтах // Военная мысль. Военно-теоретический журнал. – 2016.

Концепт экспертной системы по предполетному контролю систем оснащения летательных аппаратов

Котлов М.А., Конова С.С.

Научный руководитель — Мартынкевич Д.С.

МАИ, Москва

Современные системы оснащения авиационной техники представляют собой высокотехнологичные системы, требующие детальной предполетной подготовки [1]. Одним из ключевых этапов данной подготовки является выявление и диагностика видимых дефектов воздушного судна и его составных элементов. Недостаточная внимательность авиационных инженеров при осмотре может привести к серьезным последствиям, вплоть до невозможности выполнения боевой задачи. В связи с этим возникает потребность во внедрении автоматизированных решений, обеспечивающих высокую точность диагностики.

В последние годы технологии нейронных сетей активно применяются для обработки изображений и идентификации объектов [2]. Эти методики открывают новые возможности для автоматической дефектоскопии, что способствует повышению безопасности и эффективности предполетных мероприятий.

Основная цель данной работы заключается в разработке интеллектуального устройства-дефектоскопа, предназначенного для автоматизированного обнаружения и классификации визуальных дефектов элементов авиационного оборудования в режиме реального времени. Для реализации поставленной задачи выполнены следующие этапы:

1. Изучены особенности предполетной подготовки авиационных систем.
2. Созданы 3D-модели компонентов авиационного вооружения.
3. Разработаны виртуальные сцены для формирования синтетических изображений.
4. Выполнена аугментация данных и аннотирование фотоматериалов для обучения нейросетей.
5. Обучены нейросетевые модели с использованием различных наборов данных.
6. Разработано программное обеспечение для функционирования микрокомпьютера устройства.
7. Спроектировано портативное устройство-дефектоскоп.

Для автоматизированного анализа изображений был выбран алгоритм YOLOv5, обеспечивающий высокую скорость и точность при обнаружении объектов. Исследованы различные подмодели, включая YOLOv5l, YOLOv5s и YOLOv5n. Для оптимизации моделей использовался формат ONNX, который способствует их кроссплатформенной совместимости и сокращает время обработки данных.

Ограниченный объем реальных изображений авиационного оборудования компенсировался созданием синтетического датасета. Для этого разработаны трехмерные модели узлов систем оснащения в среде T-Flex CAD. Созданные виртуальные сцены использовались для генерации изображений с различными углами обзора, освещением и фоновыми условиями. Реальные фотографии были дополнительно аннотированы и интегрированы в комбинированный набор данных для повышения его реалистичности.

Процесс аугментации включал в себя поворот изображений, изменение их масштаба, добавление шумов и замену фона, что способствовало увеличению вариативности данных и улучшению качества обучения модели.

Для сборки устройства использовались следующие компоненты:

1. Микрокомпьютер для обработки данных.
2. Камера для фиксации изображений.
3. Световые и звуковые индикаторы для сигнализации о выявленных дефектах.
4. Корпус, разработанный с учетом портативности и удобства эксплуатации.

Разработанное программное обеспечение выполняет следующие задачи:

1. Захват и предварительную обработку изображений.
2. Инференс нейросетевой модели для поиска дефектов.
3. Визуальную и звуковую сигнализацию при обнаружении проблемных зон.

Для оценки работоспособности устройства проведены лабораторные и полевые испытания. В лабораторных условиях тестирование выполнялось на изображениях узлов

авиационных систем, не входивших в обучающий набор данных. Устройство корректно выявляло дефекты, однако были зафиксированы задержки, обусловленные длительным временем фокусировки камеры и размытостью кадров. Это приводило к увеличению времени обработки и ложным срабатываниям. Полевые испытания проводились на учебном самолете МиГ-29, где устройство, закрепленное на нагрудном кармане оператора, использовалось для контроля элементов авиационного вооружения (например, балочных держателей и лючков). В ходе испытаний выявлены те же проблемы с фокусировкой камеры, что и в лабораторных условиях.

Разработанный дефектоскоп продемонстрировал свою эффективность как в лабораторных, так и в реальных условиях эксплуатации. Он способен выявлять визуальные дефекты элементов авиационных систем, такие как открытые лючки или установленные чеки, что критически важно для обеспечения безопасности полетов. В дальнейшем планируется оптимизация аппаратной части устройства, улучшение характеристик камеры и сокращение времени запуска системы, что позволит повысить его надежность и удобство использования.

Список используемых источников:

1. Установки бомбардировочного вооружения летательных аппаратов (теория, конструкция, технология, испытания, экономика, техника безопасности на производстве): учеб. пособие для вузов по направл. 160600 «Интегрир. системы ЛА» и спец. 160604 «Робототехн. системы авиац. Вооружения» / А.В. Андришин, Н.В. Бардашевская, А.Н. Беляев [и др.]; под ред. Б.В. Обносова; МАИ (Гос. техн. ун-т). - М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. – 561 с.
2. Ивченко, В. Д. Применение нейросетевых технологий в различных областях науки и техники. Текст / В. Д. Ивченко, С. С. Кананадзе // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 6. – С. 28–29.

Исследование динамических характеристик рулевого электропривода с позиционной обратной связью на основе дискретных датчиков Холла на электродвигателе

Нурматова В.С., Кашаед Е.С.

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

АО «ГосНИИП», Москва

В рулевых электроприводах как правило применяется позиционная обратная связь по датчику положения выходного звена, при этом тип и характеристики датчика положения, способ его установки (непосредственно на выходном валу или на промежуточных ступенях механической передачи) оказывают влияние на точностные и динамические характеристики рулевого привода.

Наиболее распространены в рулевых электроприводах потенциметрические датчики положения, преимуществами которых является низкая стоимость, соответствие требованиям по ВВФ и простая схема обработки данных. Однако, потенциметры могут иметь ограничения по хранению вследствие окисления подвижного контакта и резистивного слоя. Кроме того, отечественные потенциметры имеют массово-габаритные параметры, не позволяющие их применять в изделиях малых габаритов. Применение синусно-косинусных вращающихся трансформаторов требует наличия сложных интерфейсных схем, а оптические энкодеры имеют ограничения по ВВФ. Таким образом, отказ от использования датчиков положения в составе рулевого электропривода может улучшить его массогабаритные и эксплуатационные характеристики.

Вместе с тем, в современных электроприводах, в том числе рулевых, нашли широкое применение бесколлекторные двигатели постоянного тока (БДПТ). Как правило, применяются трехфазные БДПТ. Для определения фаз, на которые необходимо подать напряжение, применяются датчики положения ротора, при этом наиболее распространено использование трех дискретных датчиков Холла, реагирующих на магнитное поле ротора БДПТ.

В случае, если положение выходного вала привода в начальный момент времени известно (например, обеспечивается положение вблизи нейтрального при помощи стартового фиксатора руля), и передаточное число редуктора достаточно высоко, появляется возможность использовать дискретные сигналы с датчиков Холла, установленных на электродвигателе, для определения предполагаемого положения выходного вала. Однако точность этого определения будет зависеть как от примененного алгоритма наблюдателя, так и от кинематической погрешности редуктора, а также упругих деформаций в нем, вызванных внешней нагрузкой.

Подобный наблюдатель положения по сигналам дискретных датчиков Холла применен, очевидно, в рулевом электроприводе ракет М30/31 GMLRS от РСЗО MARS/HIMARS, в составе которых нет датчиков положения выходного звена привода, что говорит об актуальности внедрения подобных решений.

Список используемых источников:

1. Методы проектирования цифровой системы управления мехатронного модуля привода с вентильным двигателем / Кривилёв А.В. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 12 с.: ил.

2. Электропривод летательных аппаратов: Учебник для авиационных вузов / В.А. Полковников, Б.И. Петров, Б.Н. Попов и др.; Под общ. ред. В.А. Полковникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с: ил.

Исследование по оценке точности стрельбы боеприпасом с готовыми поражающими элементами по воздушным целям

Поспелов Г.А.

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

МАИ, Москва

Картечь используется для стрельбы на близкие расстояния по открытой цели. Данный вид вооружения показывает высокую эффективность против малоразмерных целей.

В качестве орудия используются различные ружья или отдельный снаряд – шрапнель. В данной работе представлено моделирование при стрельбе из гладкоствольного ружья. Дробь, зачастую, засыпается неупорядоченно, поэтому при выстреле дробь вылетает не прямо, а под каким-то углом относительно дула, в зависимости от дула и дробы. Данная особенность является как недостатком, так и достоинством. Из достоинств следует отметить, что при стрельбе таким снарядом не требуется точное наведение на цель, так как дробь имеет обширную область разлёта, полезный вес картечи достигает 70-80% [1] от массы снаряда, проста и дешева в производстве, износ гладкоствольных орудий меньше нарезных. Из недостатков – ограниченная дальность стрельбы.

Моделирование стрельбы картечью необходимо для оценки попадания по различным целям, обучения стрельбе и анализа работы заключительного этапа шрапнельного снаряда.

В качестве математической модели картечь принимается за математическую точку с аэродинамическими, геометрическими и массовыми параметрами одной поражающей единицей. Аэродинамические характеристики соответствуют аэродинамике шара, системы уравнения, описывающие движение, – стандартные [2]. При моделировании строится опорная траектория одного поражающего элемента, на конечную точку накладывается средняя точка группы, моделируемая по нормальному закону распределения в двух плоскостях, дисперсия и мат ожидания которых получены экспериментальным путем. Относительно полученной средней точки группирования раскидываются остальные поражающие элементы в полярной системе координат, где угол имеет равномерное распределение, а полярный радиус, удаление от средней точки группирования, – логнормальное [3].

Считается, что дисперсия угла разлёта дробы постоянна [4], в связи с этим по принципу подобия треугольников, экспериментальные дисперсии, полученные на определенной дистанции, методом пропорций пересчитываются на расчетную.

Список используемых источников:

1. М.Г. Ефимов. Курс артиллерийских снарядов / под ред. М.Ф. Васильева. — М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. — С. 91–109. — 319 с.
2. Вентцель Д.А., Шапиро Я.М. Внешняя баллистика. М.: Оборонгиз, 1939 г., ч. 1, 210 с.
3. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В., Сиротин А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 г., 232 с.
4. Средства поражения и боеприпасы. Под ред. В.В. Селиванова – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.

Оптимальное распределение задач между беспилотными летательными аппаратами, действующими в составе группы, на основе информации от бортовых оптико-электронных устройств

Степанов С.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Евдокименков В.Н.
МАИ, Москва

Рассматривается задача децентрализованного управления группой БЛА, предполагающего автономный выбор каждым БЛА в зависимости от текущей ситуации либо ударной, либо разведывательной задачи. Этот выбор осуществляется каждым БЛА только на основе той информации о соседних БЛА и целевых объектах, которая обеспечивается его средствами наблюдения без какого-либо информационного взаимодействия с другими БЛА и командными пунктами. Оптимальным полагается такой результат, при котором действия всей группы обеспечивают достижения максимального эффекта.

Задача оптимального распределения разведывательных и ударных задач между БЛА в составе группы сведена автором к задаче целочисленного линейного программирования. При этом предложен формализованный критерий для оценки эффективности вариантов распределения ударно-разведывательных задач, обоснована система ограничений, учитывающих технические особенности рассматриваемой задачи, предложен алгоритм решения задачи целочисленного линейного программирования и разработана программа, реализующая разработанный алгоритм.

Подчеркнем основные особенности предлагаемого алгоритма распределения разведывательных и ударных задач между БЛА, действующими в составе группы:

- основу организации групповых действий БЛА составляет децентрализованная стратегия управления, не требующая информационного взаимодействия между БЛА и их информационного взаимодействия с наземным пунктом управления. Каждый БЛА принимает решение только на основе данных своих оптико-электронных систем (ОЭС);

- каждый БЛА выполняет задачи по обнаружению целей, их идентификации и атаке, причем идентификация целей осложняется отсутствием связи между БЛА, что требует использования вероятностных оценок статуса объектов;

- решение о выборе цели или продолжении поиска принимается на основе функции выигрыша, учитывающей ценность цели, расстояние до нее и остаточное время полета. В рамках подобного представления оптимальное распределение разведывательно-ударных задач между БЛА достигается с использованием аппарата целочисленного линейного программирования;

- использование предложенной модели позволяет снизить вероятность атаки уже уничтоженных или малозначимых объектов, повышая общую эффективность группы;

- алгоритм реализуется на борту каждого БЛА, что исключает необходимость обмена данными и повышает устойчивость системы к внешним воздействиям.

Эффективность предложенного алгоритма иллюстрируется на серии тестовых примеров.

Список используемых источников:

1. Евдокименков В.Н. Управление смешанными группами пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов в условиях единого информационно-управляющего поля / В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков, С.Д. Оркин. – М. : МАИ, 2015. – 271 с. : ил. – (Научная библиотека). – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-4316-0264-1.

Разработка модели выбора рациональных коэффициентов корреляции случайных ошибок рассеивания систем авиационного артиллерийского оружия

Цыбиков Т.Т.

Научный руководитель — Скрипниченко Ю.С.

МАИ, Москва

Рассеивание оказывает сильное влияние на эффективность системы авиационного артиллерийского оружия (ААО) и авиационного боевого комплекса в целом. Случайные ошибки рассеивания можно разделить на две группы: групповые, одинаковые для всех выстрелов очереди, и индивидуальные, собственные для каждого выстрела очереди. Групповые ошибки обусловлены несовершенством прицельной системы и формируют так называемое прицельное рассеивание. Причина возникновения индивидуальных ошибок – техническое и баллистическое несовершенство авиационной артиллерийской установки.

Прицельное рассеивание сильно снижает эффективность системы ААО, поэтому разработчик стремится к его уменьшению. Такой подход неприемлем в отношении индивидуальных ошибок, поскольку они должны быть согласованы с прицельными. Простое уменьшение (или, напротив, увеличение) индивидуальных ошибок, во-первых, может сильно уменьшить эффективность системы ААО, и, во-вторых, может быть технически нереализуемо.

Коэффициенты корреляции случайных ошибок определяют характеристики индивидуальных ошибок при данных характеристиках групповых ошибок. Рациональными для атаки типовой цели будем считать такие коэффициенты корреляции, которые доставляют максимум вероятности поражения, зависящей также от характеристик прицельного рассеивания, условий атаки и характеристик цели. Такая постановка не даёт возможность выбрать коэффициенты корреляции, обеспечивающие эффективность авиационного боевого комплекса на всём множестве атак типовых целей. Приняв вероятность поражения в каждой атаке типовой цели за отдельный критерий эффективности системы ААО, мы можем поставить многокритериальную задачу об отыскании множества Парето-оптимальных коэффициентов корреляции случайных ошибок рассеивания.

Результаты модельного эксперимента показали, что рациональные коэффициенты корреляции, соответствующие разным атакам типовых целей, сосредоточены в одной области и множество Парето-оптимальных решений достаточно широко, что даёт свободу в выборе универсальных проектных и технологических решений, обеспечивающих эффективность на всём множестве атак типовых целей.

Список используемых источников:

1. Исаев А.С., Ставровский Б.И. Основы эффективного анализа и синтеза авиационных комплексов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1983. – 79 с.
2. Калабухова Е.П. Основы теории эффективности воздушной стрельбы и бомбометания: Учебник для студентов вузов. Издание второе, исправленное. – М.: Эдитус, 2017. – 364 с.: ил.
3. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // IEEE Trans. on Evol. Comput. 2002. Vol. 6. P. 182–197.

Направление №7 Математическое моделирование и искусственный интеллект

Секция №7.1 Машинное обучение, суперкомпьютеры и численные методы

Применение современных алгоритмов детекции голосовой активности в системе определения качества произношения

Топорков Б.Д., Зайцев М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МАИ, Москва

Цель данной работы заключается в исследовании алгоритмов детекции голосовой активности (VAD) и их применении для анализа речи детей с нарушениями слуха. Рассматриваются современные методы VAD и их адаптация к специфическим характеристикам детской речи, отличающейся высокой изменчивостью, нестабильностью частотных характеристик и наличием дефектов произношения. Исследование направлено на повышение точности работы алгоритмов VAD в условиях фоновых шума и сложных акустических сред.

Обработка речевого сигнала с целью выделения голосовой активности является важной задачей в различных областях, включая автоматическое распознавание речи, системы голосовой коммуникации и вспомогательные технологии для лиц с ограниченными возможностями. Алгоритмы VAD позволяют выявлять временные интервалы, содержащие голосовую активность, что критично для систем анализа речи, в том числе для оценки качества произношения у детей с нарушениями слуха. Однако стандартные алгоритмы VAD, такие как Silero, WebRTC и Librosa, демонстрируют низкую точность при работе с детской речью из-за её акустических особенностей.

В данной работе анализируются три популярных алгоритма детекции голосовой активности: Silero VAD, WebRTC VAD и Librosa VAD. Оценка качества их работы проводится на аудиозаписях, содержащих образцы речи детей с нарушениями слуха. В качестве метрик для сравнения используются коэффициенты IoU и Dice, применяемые для оценки точности сегментации голосовой активности.

Тестирование алгоритмов VAD проводилось на аудиозаписях с детской речью, содержащей различные дефекты произношения. Полученные результаты:

WebRTC VAD: IoU = 0,7309, Dice = 0,7945 (лучший результат среди протестированных алгоритмов);

Silero VAD: IoU = 0,6360, Dice = 0,7775 (основан на применении нейросетей, но требует доработки);

Librosa VAD: IoU = 0,4241, Dice = 0,5957 (использует классические методы обработки сигнала, показал наихудшие результаты).

Результаты тестирования демонстрируют, что ни один из алгоритмов не достиг достаточной точности для эффективного использования в системах оценки произношения детей с нарушениями слуха. Это подтверждает необходимость дальнейшей адаптации алгоритмов VAD для анализа специфики детской речи.

Проведённый анализ показал, что существующие методы VAD требуют адаптации при работе с детской речью, отличающейся повышенной вариативностью и наличием дефектов произношения. Будущие исследования будут направлены на модификацию алгоритмов VAD с учётом специфики детской речи, а также на применение технологий машинного обучения для повышения точности детекции голосовой активности.

Список используемых источников:

1. Kumar Satyam. Comparative Analysis of Personalized Voice Activity Detection Systems: Assessing Real-World Effectiveness // arxiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/2406.09443> (дата обращения: 24.10.2024).

2. Ding Shaojin. Personal VAD: Speaker-Conditioned Voice Activity Detection // arxiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/1908.04284> (дата обращения: 24.10.2024).

Сравнительный анализ алгоритмов кластеризации корпуса текстов

Гарбузова У.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хорошилов А.А.

МАИ, Москва

Сравнительный анализ алгоритмов кластеризации корпуса текстов

Проблема поиска информации становится все более актуальной с каждым днем. Одним из эффективных методов решения данной проблемы является эксплоративный поиск, который позволяет пользователям итеративно исследовать большие объемы данных, постепенно уточняя цели и направления работы. Значимую роль в этом подходе играют методы кластеризации текстов, группирующие документы по схожей тематике. Кластеризация помогает выделять в корпусе смысловые единицы, упрощая анализ, делая результаты более наглядными и способствуя быстрому выявлению закономерностей. Проблематичной является кластеризация корпуса текстов с высокой однородностью тем, так как тематические центры в таком корпусе выражены неявно. Далее проводится экспериментальный анализ с целью выявления наиболее эффективного алгоритма кластеризации для текстов с однородными темами.

Подготовка текстового корпуса

Для анализа используется корпус текстов военной тематики, собранный из выпусков журнала «Военное обозрение» (367 журналов). Первичная фильтрация данных включает приведение слов к нормализованной форме, удаление стоп-слов и неинформативных лексем.

Далее по словам строится TF-IDF-мера для учета частоты слов, их значимости и уменьшения влияния общеупотребительных терминов.

Вычисление сходства

Косинусная мера сходства используется для оценки степени схожести между документами, так как хорошо работает с разреженными векторами TF-IDF. Полученная матрица сходства применяется в дальнейшей кластеризации в качестве основы для вычисления расстояний между документами.

Визуализация и интерпретация

Метод t-SNE используется для снижения размерности TF-IDF-пространства и наглядного отображения документов в двумерном пространстве. Каждая группа обозначается собственным цветом.

Облака слов для отдельных документов в кластерах дают возможность оценить тематическое содержание текста.

Алгоритмы кластеризации

DBSCAN

DBSCAN основан на плотностном подходе, автоматически выделяет шум. При применении алгоритма к выбранному корпусу текстов формирует множество точек шума и малые плотные кластеры. В эксперименте значение метрики качества Silhouette Score равно 0,015 и указывает на слабую плотностную структуру текстового корпуса. При этом четко выделяются ядра наиболее выраженных тем.

K-Means

Алгоритм K-Means разбивает документы на заданное число кластеров k . Он обладает высокой масштабируемостью и демонстрирует стабильные результаты с высоким значением гомогенности. В ходе эксперимента K-Means обеспечил наиболее сбалансированное разбиение корпуса, что способствует удобной интерпретации кластеров. С одной стороны, это самый простой из рассмотренных алгоритмов, с другой — его подход «разделить на k примерно одинаковых частей» делает его особенно эффективным для выделения тематических групп в однородных текстах со слабо выраженными ядрами классов. Основная

сложность метода заключается в выборе оптимального числа кластеров. В среднем в данном эксперименте оптимальное значение k равно одной десятой от общего числа документов.

Agglomerative clustering

Agglomerative clustering (Иерархический метод) наращивает кластеры, объединяя близкие документы. Формирует кластеры разного размера, в том числе намного более крупные, чем формирует K-Means. Из-за этого на выбранном корпусе текстов с однородными темами наблюдается низкое значение гомогенности, что означает наличие объектов разных классов в одном кластере.

Выводы по сравнительному анализу

Таким образом, выбор алгоритма кластеризации определяется структурой корпуса и задачами анализа. Для текстов с высокой однородностью тем зачастую эффективнее использовать K-Means. Алгоритм DBSCAN может быть полезен для выделения наиболее плотных тематических ядер корпуса текстов, но на кластеры корпус текстов с однородными темами он не разделит. Иерархический метод показал низкое значение гомогенности в эксперименте и не рекомендуется к использованию.

Список используемых источников:

1. Хорошилов А.А., Кан А.В. и др. Установление сходства текстовых документов // Моделирование и анализ данных. 2023. Т. 13, № 4. С. 45–58.
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.
3. 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.

Методы автоматической идентификации терминов в аннотациях и полных текстах научных статей

Гребенков Д.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Термины – слова или словосочетания, обозначающие понятия в определенной предметной области. Выделение терминов из текстов применяется для решения ряда лингвистических задач, например, для составления словарей терминов. Кроме того, выделение терминов способствует улучшению результатов решения ряда сложных задач последующей обработки естественного языка, например, информационного поиска и машинного перевода. Извлечение терминов вручную требует больших затрат труда и времени, поэтому с новыми достижениями в области машинного обучения наблюдается стремление автоматизировать решение задачи выявления терминов в корпусах текстов из конкретных предметных областей.

В мире задача автоматического извлечения терминов давно и активно решается, регулярно проводятся соревнования и выходят новые публикации, особенно в связи с общим развитием обработки естественного языка в последнее время. Так, в работе [1] представлен комплексный обзор на 2023 год подходов на основе глубокого обучения, с акцентом на нейросетевые модели, основанные на архитектуре «трансформер».

Ранние системы автоматического извлечения терминов были основаны на определенных вручную лингвистических правилах и требовали значительных усилий по разработке признаков. Далее, в ряде других исследований был использован статистический подход, основанный на подсчете показателей, таких как «termhood» или «C-value». Лингвистические, статистические и гибридные методы будем рассматривать как одну категорию.

Позже было продемонстрировано, что методы плоского машинного обучения на основании выделяемых признаков показывают лучшие результаты, чем такие гибридные

системы. В работе [2] проводится сравнение гибридной системы TermoStat с системой HAMLET, используемой для автоматической обработки признаков случайный лес. Последняя демонстрирует намного большую точность (значение $f1$ 0,5556 против 0,2831 у TermoStat), и, хотя некоторые аспекты задачи остаются сложными — такие как извлечение редких и многословных терминов — данное исследование показывает, что машинное обучение является многообещающей методикой для данной задачи.

В последние несколько лет под влиянием успеха применения глубоких искусственных нейронных сетей в ряде задач обработки текстов было предложено множество подобных подходов и для задачи автоматического извлечения терминов. Наибольшей популярностью пользуются методы, основанные на использовании языковых моделей с архитектурой трансформера. Данная категория методов характеризуется большей точностью, чем предыдущая. Так, в проводившемся в 2020 году соревновании по автоматическому извлечению терминов на трёх языках и четырёх предметных областях (набор данных ACTER) наибольшую точность показала система TALN-LS2N [3], основанная на предварительно обученных языковых моделях RoBERTa (для английского языка) и CamemBERT (для французского). Недостатки у подхода также есть: требуется больше вычислительных мощностей на обработку текстов и возникает дополнительная задача по кросс-доменной адаптации (переносу «знаний» модели между предметными областями).

Кроме того, отдельного рассмотрения заслуживает генеративный подход к решению рассматриваемой задачи в связи с резким всплеском в развитии и применении больших языковых моделей. Так, в статье [4] описывается использование для обработки набора данных ACTER модели GPT-3.5-Turbo. Показанная точность сопоставима с лучшими результатами описанных выше моделей для классификации токенов. Также к достоинствам подхода можно отнести отсутствие необходимости в предварительном обучении модели, а к недостаткам — сложность локального развёртывания системы и недостаток адаптируемости к специфике предметных областей. Представляет интерес исследование возможностей более современных больших языковых моделей, поскольку сравнение результатов их использования ранее не публиковалось.

Описанные подходы планируются использовать для извлечения терминов из научных статей двух наборов данных на русском языке. Первый — аннотации статей по компьютерной лингвистике из соревнования RuTermEval. Второй — набор данных из полных текстов статей по теории управления, созданный для уточнения недавно опубликованного глоссария и ранее не рассматривавшийся в контексте задачи автоматического извлечения терминов. Исследование применения описанных подходов позволит в дальнейшем создать программный комплекс, реализующий автоматическую идентификацию терминов в русскоязычных научных публикациях, что в близкой перспективе может привести к уточнению существующих глоссариев, а в более далёкой — к автоматизированному формированию новых.

Список используемых источников:

1. Tran H. T. H. et al. The recent advances in automatic term extraction: A survey //arXiv preprint arXiv:2301.06767. – 2023.
2. Terryn A. R. et al. Analysing the impact of supervised machine learning on automatic term extraction: HAMLET vs TermoStat //Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2019). — 2019. — С. 1012-1021.
3. Hazem A. et al. TermEval 2020: TALN-LS2N System for Automatic Term Extraction // Proceedings of the 6th International Workshop on Computational Terminology. — Marseille, France: European Language Resources Association, 2020. — С. 95–100.
4. Banerjee S., Chakravarthi B. R., McCrae J. P. Large language models for few-shot automatic term extraction //International Conference on Applications of Natural Language to Information Systems. — Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. — С. 137-150.

Иерархическая классификация текстов

Данилов И.А., Рыкалин А.В., Филиппов Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хорошилов А.А.

МАИ, Москва

С ростом объемов текстовой информации в электронном формате, для удобной и оперативной навигации по комплексу информационных данных решение задачи индексирования по категориям становится ключевой. Рассмотрим случай, когда категории представляют собой древовидную иерархическую структуру, например, «Математика» – «Математический анализ» – «Ряды и последовательности». Решение задачи классификации такого рода требует специальных подходов.

Первый подход – локальный. На каждом уровне иерархии обучается отдельная модель, решающая плоскую задачу классификации, предсказание которой используется для выбора следующего узла дерева. Таким образом, выбор категории механически отсекает все варианты, кроме дочерних. Основными преимуществами подхода являются простота реализации, лучшая интерпретируемость и высокая точность на верхних уровнях классификатора. Однако, если модель на начальном этапе дала неверный результат, то вероятность успеха работы моделей последующих уровней сводится к нулю.

Второй подход – глобальный. Обучается одна сложная модель, учитывающая всю иерархию целиком. В качестве классической стратегии используется алгоритм на основе деревьев решений, где каждый узел дерева представляет собой класс, а ветви – возможные пути классификации. Однако для лучшего понимания контекста также используется архитектура трансформеров и большие языковые модели с добавлением позиционных эмбедингов, отражающих путь в дереве классификатора. Основным плюсом такого подхода будет большая стабильность, так как учитывается сразу вся структура, однако это требует значительно больших аппаратных мощностей ввиду высокой вычислительной сложности.

При решении задачи также критически важно учитывать проблему дисбаланса классов – когда один или несколько мажоритарных классов представлены значительно большим количеством объектов. В таких случаях используются техники пересэмплирования, а также метод взвешивания объектов, в котором при обучении модели каждой ошибке предсказания присваивается вес, пропорциональный недостатку примеров этого класса.

Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований и разработок в области иерархической классификации текстов.

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. Севастьянов Л. А., Щетинин Е. Ю. Повышение точности многоклассовой классификации на несбалансированных данных методами машинного обучения // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. –2020. – С.309-312.

3. Соломин А. А., Иванова Ю. А. Современные подходы к мультиклассовой классификации интенгов на основе предобученных трансформеров // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. – №. 4. – С. 532-538.

Подход к прогнозированию отказов прецизионного оборудования с помощью методов машинного обучения и математического моделирования

Жульсва А.Д., Кирхлерова Э.Г.

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

МАИ, Москва

Модели предсказания отказов в авиационной и других отраслях, связанных с эксплуатацией сложных технических систем, играют ключевую роль в управлении рисками

и оптимизации технического обслуживания, поскольку сбои оборудования могут привести к финансовым и операционным потерям.

При этом, традиционные методы обслуживания, такие как реактивное и профилактическое, зачастую оказываются неэффективными, в связи с чем все наибольшую актуальность приобретает предиктивная аналитика. Этот подход использует данные, полученные из различных источников, для прогнозирования потенциальных проблем и оптимизации технического обслуживания.

Необходимо отметить, что в данном подходе зачастую применяются методы искусственного интеллекта (ИИ), выходящего за рамки простого анализа трендов благодаря применению сложных алгоритмов машинного обучения (МО). Эти алгоритмы обрабатывают большие объемы структурированных и неструктурированных данных, включая данные с датчиков, эксплуатационные журналы и информацию об окружающих условиях, чтобы выявить признаки возможных отказов.

В данной работе рассматривается подход, основанный на интеграции методов машинного обучения и математического моделирования для более точного прогнозирования. В качестве базовой модели использован алгоритм Random Forest, обладающий высокой устойчивостью к шумам в данных и способностью выявлять ключевые факторы, влияющие на отказ оборудования, а математический аппарат представлен следующими вероятностными методами: метод вероятностного прогнозирования, метод численного анализа и метод отказоустойчивости:

- Метод вероятностного прогнозирования (probabilistic failure prediction). Определяет вероятность наступления отказа (вероятность безотказной работы P) в процессе работы исследуемой системы на заданном временном интервале.

Недостатком данного метода является трудоёмкость расчёта, и необходимость специальных статистических данных по всему парку эксплуатируемых летательных аппаратов.

- Метод численного анализа. Позволяет прогнозировать состояние технической системы без учета вероятности отказа её элементов. Наличие статистических данных о предыдущих состояниях является обязательным условием данного метода.

Достоверность результатов прогнозирования отказов, полученных методом численного анализа, является более высокой по сравнению с методом вероятностного прогнозирования, поэтому принято решение объединить два этих метода с моделью Random Forest для достижения наибольшей эффективности.

Реализация предложенной модели с использованием математического аппарата на базе цифровой платформы весового проектирования дает возможность провести не только оценку текущего технического состояния, но и спрогнозировать ожидаемые отказы составных систем (агрегатов) летательного аппарата с учетом срока их эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Осяев, А. Т. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла изделия авиационной техники с использованием цифровых платформ / А. Т. Осяев, С. А. Серебрянский // Скоростной транспорт будущего:ulyeva:перспективы, проблемы, решения: тезисы 1-ой Международной научно-технической конференции, Москва, 29 августа – 09 2022 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Издательство «Перо», 2022. – С. 190-192.

2. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: МАИ, 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.3.

Подавление шума в аудиофайлах с использованием нейронных сетей

Зморка И.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.ф-м.н. Вестяк В.А.

МАИ, Москва

Невероятно быстрое и массовое внедрение удаленных систем на работе и в быту делает эффективное шумоподавление в аудиозаписях очень актуальной задачей. Это возникает из-

за необходимости максимально качественной связи в неидеальных акустических условиях, чтобы побудить соответствующую технологию обеспечить эффективное удаление нежелательного внешнего шума. Традиционные методы спектрального вычитания и алгоритм Винера совершенно неэффективны в относительно сложных акустических сценах. Искусственные нейронные сети с рекуррентными сетями (RNN и LSTM), отражающими истинное положение дел, продемонстрировали значительный прогресс благодаря своему автоматическому потенциалу извлечения признаков и потому, что они могут моделировать сложные временные зависимости, поэтому могут быть реализованы в этой задаче. Однако до сих пор не был достигнут оптимальный баланс между шумоподавлением и потреблением вычислительных ресурсов. На практике для воплощения этого в реальность требуются новые методы и архитектуры.

В данной работе представлено исследование двухсигнальной трансформационной LSTM-сети (DTLN) – инновационной архитектуры, объединяющей преимущества классического кратковременного преобразования Фурье (STFT) и изученной базы анализа и синтеза. Традиционные методы, такие как спектральное вычитание, часто требуют точной оценки характеристик шума, не всегда применимы в реальных условиях и часто добавляют «музыкальный шум».

В отличие от этого, DTLN автоматически извлекает релевантные признаки из данных. LSTM-слои эффективно моделируют временные зависимости, что крайне важно для подавления нестационарных шумов. Модель, обученная на большом объеме данных с использованием корпуса LibriSpeech и различных источников шума, способна адаптироваться к различным акустическим условиям, что обеспечивает более высокую точность предсказаний чистого речевого сигнала.

DTLN состоит из двух каскадно соединенных ядер разделения, первое из которых работает с STFT представлением, а второе – с изученной базой. STFT позволяет надежно оценить спектральную магнитуду, в то время как изученная база обеспечивает возможность учета фазовой информации, что часто упускается в традиционных подходах. Такая комбинация позволяет добиться более чистого и естественного звучания восстановленного речевого сигнала. Был проведен сравнительный анализ DTLN с существующими методами, включая NSNet (базовая система DNS-Challenge), и рядом LSTM-сетей с различной конфигурацией: B1 (STFT), B2 (изученная база), B3 (каскад STFT), B4 (каскад изученных баз).

Результаты объективной оценки (PESQ, SI-SDR, STOI) показали превосходство DTLN над NSNet и большинством альтернативных LSTM-сетей. В частности, DTLN демонстрирует наилучшее качество восстановления речи (PESQ=3,04) на нереревербирующем тестовом наборе DNS и высокие показатели по SI-SDR и STOI, демонстрирующие эффективное подавление шума и высокую разборчивость речи.

Было также показано, что модель также может адаптировать фазу сигнала, что повышает субъективное качество. При этом модель остаётся вычислительно эффективной, хорошо подходит для «real-time» сценариев

Использование двух представлений сигнала, каскадная структура и возможность адаптации фазы позволяют DTLN добиться лучшего качества подавления шума. Таким образом, применение DTLN представляет собой перспективный и востребованный метод, демонстрирующий высокое качество очистки речи и эффективность вычислений, что делает ее применимой в широком спектре устройств и приложений.

В результате проведенных исследований и разработки было создано приложение для подавления шума, которое продемонстрировало конкурентоспособные результаты по сравнению с существующими решениями, такими как NSNet. Приложение обеспечивает эффективное подавление шума как в аудиофайлах, так и в режиме реального времени, сохраняя при этом приемлемую вычислительную сложность. Это делает разработанное приложение ценным инструментом для улучшения качества звука в различных приложениях, от видеоконференций до автоматического распознавания речи. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию архитектуры и расширение

функциональности для достижения еще более высокого качества очистки звука в различных акустических условиях.

Список используемых источников:

1. Xu Y., Du J., Dai L.-R., Lee C.-H. An experimental study on speech enhancement based on deep neural networks. // IEEE Signal processing letters, vol. 21, no. 1. 2013. Pp. 65-68. DOI: 10.1109/LSP.2013.2291363.
2. Valin J.-M. A hybrid dsp/deep learning approach to real-time full-band speech enhancement. // 2018 IEEE 20th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP). IEEE, 2018. Pp. 1-5. DOI: 10.1109/MMSP.2018.8547030.
3. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. // Neural Computation 9. 1997. Pp 1735-1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

Выделение из текстов элементарных фактов о математической модели

Изуткина А.М., Кудинов И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Математическая модель – это совокупность математических объектов и связей между ними. Математическими объектами будем называть термины, формулы и переменные величины. Будем выделять элементарные факты математической модели вида «Предпосылка → объект/свойство объекта», где предпосылка является достаточным условием свойства объекта или его существования. Например, «функция, дифференцируемая в точке → функция, непрерывная в точке». Для случая, когда предпосылка является строгим определением объекта или не только достаточным, но и необходимым условием его свойства, будем записывать два факта, отражающих двунаправленную связь. Например, «отображение Пуанкаре → $\$P\$$ », « $\$P\$$ → отображение Пуанкаре».

В данном докладе будет рассмотрен подход выделения элементарных фактов с помощью синтаксических деревьев предложений исходного текста. Синтаксическое дерево – древовидная структура над словами текста, отражающая синтаксические отношения между ними. Для синтаксического анализа предложений используются предобученные нейросетевые модели. Для формул строится дерево выражений – древовидная структура, листьями которой являются операнды, а остальными узлами – операторы. Дерево выражений однозначно определяет порядок выполнения базовых операций в ходе вычисления выражения.

Рассматриваемый подход к выделению элементарных фактов использует заранее заданную систему правил, полученных эмпирическим путем. Эти правила описывают, какой тип синтаксической связи и слова какой семантики явно или неявно кодируют элементарные математические факты. Для определения семантики слов, задающих элементарный математический факт используется словарь лемм или словарь их эмбедингов. Продвинутый подход включает в себя применение нейросетевых методов для выделения фактов на основе синтаксического дерева.

Предполагается, что в предложениях текста не всегда встречаются утверждения, доказательство, которых проведено от базовых аксиом, также встречаются термины, определения которых не даны в рассматриваемом тексте. Поэтому полученные факты необходимо дополнять информацией о фигурирующих объектах из баз знаний.

Основываясь на полученном наборе фактов о терминах, формулах и переменных, а также взаимосвязи переменных внутри формул, можно выделить новые, не содержащиеся в исходном тексте факты путем логических переходов. Такие «новые» факты можно применять для проверки непротиворечивости утверждений текста, а также для проверки достаточности доказательств.

Список используемых источников:

1. Zhang, X., Mao, R. & Cambria, E. A survey on syntactic processing techniques. Artif Intell Rev 56, 5645–5728 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10300-7>.
2. Cramer, M., Koepke, P., Schröder, B. (2011). Parsing and Disambiguation of Symbolic Mathematics in the Naproche System. In: Davenport, J.H., Farmer, W.M., Urban, J., Rabe, F. (eds)

Intelligent Computer Mathematics. CICM 2011. Lecture Notes in Computer Science (), vol 6824. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22673-1_13.

3. Wang L. et al. Translating a math word problem to an expression tree //arXiv preprint arXiv:1811.05632. – 2018.

Анализ нейросетевых технологий для предсказания остаточной жизни авиадвигателей

Карпов Д.Е.

Научный руководитель — к.ф.м-н. Малашкин А.В.

МАИ, Москва

Двигатели являются одними из самых дорогостоящих и технически сложных компонентов современных авиалайнеров. Высокоточное прогнозирование остаточной жизни (Remaining Useful Life, RUL, также применяется понятие остаточный ресурс) авиационных двигателей позволит оптимизировать планирование технического обслуживания и потому снизить риск аварийных ситуаций, повысить эксплуатационную надёжность и уменьшить затраты на эксплуатацию авиалайнеров.

Существующие подходы, такие как регрессионные модели и классические рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN), могут оказаться недостаточными для обработки объёмных временных рядов, считываемых с датчиков, и демонстрировать ограниченную точность. Продвинутое технологии нейронных сетей выражаются в различных более сложных архитектурах, однако выбор конкретной архитектуры остаётся открытым вопросом.

В данной работе проведено сравнительное исследование трёх нейросетевых архитектур: LSTM (Long Short-Term Memory, Долгосрочная Краткосрочная Память), GRU (Gated Recurrent Unit, Управляемый Рекуррентный Блок) и TCN (Temporal Convolutional Network, Временная Свёрточная Сеть) в контексте решения задачи прогнозирования RUL авиадвигателей.

Рекуррентные нейронные сети представляют собой модели, в которых нейроны соединены циклически, что позволяет учитывать временную зависимость данных. Их применение осложнено проблемами затухания и взрывного роста градиентов. Эти проблемы приводят к потере информации при обработке длинных временных рядов, необходимых для обработки всего жизненного цикла авиадвигателя.

LSTM – разновидность RNN, способная запоминать долгосрочные зависимости за счёт использования управляющих «памятью» механизмов, называемых фильтрами или воротами (входные, выходные и забывающие ворота). LSTM-сети эффективно обрабатывают длинные временные зависимости, но требуют значительных вычислительных ресурсов.

GRU – упрощённый вариант LSTM, использующий только ворота обновления и сброса, что снижает вычислительную сложность как обучения, так и предсказания. Архитектура GRU работает быстрее, чем LSTM, но может уступать в обработке особенно длинных временных зависимостей.

TCN – разновидность свёрточных нейронных сетей (Convolutional Neural Network, CNN). Использует свёрточные слои вместо рекуррентных, что позволяет обрабатывать временные ряды параллельно, что не только устраняет проблемы затухания и взрывного роста градиента, но и повышает скорость обучения за счёт параллелизации вычислений.

Для обучения моделей использован датасет Turbofan Engine Degradation Simulation, созданный NASA и содержащий симулированные данные 21 датчика состояния авиационного двигателя при его эксплуатации до отказа.

В качестве метрики точности выбрана среднеквадратичная ошибка (Root Mean Square Error, RMSE) – показатель, отражающий среднее отклонение предсказанных значений от настоящих. Чем ниже значение RMSE, тем точнее модель.

В ходе работы получены следующие показатели:

1. Линейная регрессия: RMSE = 13,45, время обучения = 33 с, время предсказания = 0,02 с.
2. RNN: RMSE = 14,13, время обучения = 878 с, время предсказания = 2 с.

3. LSTM: RMSE = 9,91, время обучения = 1332 с, время предсказания = 2,71 с.
4. GRU: RMSE = 9,92, время обучения = 975 с, время предсказания = 1,34 с.
5. TCN: RMSE = 8,92, время обучения = 815 с, время предсказания = 3,58 с.

По результатам проведённого исследования наилучшие показатели продемонстрировала архитектура TCN, обеспечив наименьшую ошибку прогнозирования и наименьшее время обучения. Её предсказания выполняются медленнее, чем у LSTM и GRU, но этот фактор не критичен, так как рассматриваемая задача не требует обработки данных в реальном времени. В контексте планирования технического обслуживания более важны точность модели и её экономическая эффективность при адаптации к различным типам двигателей, и TCN демонстрирует лучшие результаты в этих аспектах.

В перспективе данное исследование может быть расширено за счёт тестирования гибридных моделей, комбинирующих преимущества различных архитектур, например LSTM + TCN, или оптимизации свёрточных фильтров и размеров окон рецептивного поля в TCN для ускорения предсказаний без потери точности. Развитие технологий искусственного интеллекта и рост доступных вычислительных мощностей в предстоящие годы создадут новые возможности для повышения точности прогнозов и последующего снижения затрат на техническое обслуживание авиационной техники.

Список используемых источников:

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. // Neural Computation 9. 1997. Pp 1735-1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
2. Lea C., Flynn M., Vidal R., Reiter A., Hager G. Temporal Convolutional Networks for Action Segmentation and Detection. // CVPR 2017. Pp. 1003-1012. DOI: 10.1109/CVPR.2017.113.
3. Turbofan Engine Degradation Simulation Dataset, [Электронный ресурс]. – URL: https://data.nasa.gov/Aerospace/CMAPSS-Jet-Engine-Simulated-Data/ff5v-kuh6/about_data (дата обращения: 19.01.2025).

Поиск именованных сущностей в инструкциях по медицинскому применению лекарственных средств с использованием глубокого обучения и методов обработки естественного языка

Кильмишкин Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

В данной работе проведён анализ и разработка методов автоматической разметки текстов инструкций к лекарственным препаратам с целью прогнозирования рисков побочных эффектов при их сочетанном применении.

Подготовка корпуса для обучения выполнялась с помощью программы, автоматизирующей этапы очистки и форматирования текста. Алгоритм обрабатывал исходные тексты, удаляя избыточную информацию, такую как скобки и их содержимое, ненужные таблицы и метаданные. Использованы два подхода: словарный и ручная разметка.

Для первого подхода был разработан специализированный словарь, охватывающий названия лекарств, механизмы действия, побочные эффекты и медицинские термины. Алгоритм выполнял первоначальный поиск зависимых слов для токенов, содержащихся в словаре, после чего рекурсивно определял зависимости для уже найденных зависимых слов. Зависимым словам присваивали теги корневого токена. Таким образом получили последовательность тегов, которая преобразовывали в последовательность BIO-тегов в зависимости от положения его в серии одинаковых тегов. Автоматическая разметка на основе правил применялась в качестве первоначального этапа. Чтобы добиться более корректных результатов необходимо скорректировать данную разметку вручную и обучить модель. Для ручной доразметки использовалась среда Doccano, которая позволяет редактировать теги и расположение именованных сущностей.

Модель дообучалась на архитектурах BERT (ruBERT, RuBioBERT) и T5 (ruT5, ruT5-multitask). Все четыре модели дообучались на инструкциях к лекарственным средствам,

размеченных по нотации BIO, что позволяет применять их для автоматической разметки текста инструкций по медицинскому применению лекарственных средств. Инструкции к лекарственным средствам были размечены по нотации BIO, таким образом, чтобы каждому слову в предложении соответствовал свой *тег* BIO. То есть результат разметки получается размеченный текст в формате «слово» – «BIO-тег».

Самый высокий показатель ассурасы у RuBioBERT (0,956), сразу за ним ruBERT (0,956). Сравнительный анализ архитектур BERT и T5 в задаче автоматической разметки текстов для извлечения именованных сущностей (NER) продемонстрировал явное превосходство моделей на основе BERT в условиях решения нашей задачи. Модели BERT (ruBERT, RuBioBERT) обеспечили качество разметки, близкое к ручной, что подтверждается высокими значениями F1-score. Предварительная обработка текста, включая использование специализированного словаря и BIO-разметки, была ключевым этапом, обеспечившим высокую точность разметки. Автоматизация этапов подготовки данных значительно снизила трудозатраты и минимизировала ошибки.

Список используемых источников:

1. Popov A. M. Adaskina Yu. V. Andreyeva D. A. Charabet Ja. K. Moskvina A. D. Protopopova E. V. Yushina T. A. // Named Entity Normalization for Fact Extraction Task. Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016” Moscow, June 1–4, 2016.
2. Sysoev A. A. Andrianov I. A. // Named Entity Recognition in Russian: the Power of Wiki-Based Approach. Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016” Moscow, June 1–4, 2016.
3. Stepanova M. E. Budnikov E. A. Chelombeeva A. N. Matavina P. V. Skorinkin D. A. // Information Extraction Based on Deep Syntactic-Semantic Analysis. Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016” Moscow, June 1–4, 2016.
4. Регистр лекарственных средств: энциклопедия лекарств РЛС [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rlsnet.ru>.

Сравнение нейроархитектур в прогнозировании тяги двигателя летательного аппарата

Кобызев Н.В., Антонов И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время активно применяется методика бортовых математических моделей (БММ) для управления и диагностики авиационных двигателей. В данной работе рассматривается задача применения нейросетевых методов для моделирования сложной динамической системы. В качестве примера такой системы используется малоразмерный газотурбинный двигатель (МГТД). Для обучения параметров нейросетевой модели используется поузловая всережимная модель МГТД от запуска до максимального режима.

Для обучения нейросетей прямого распространения использовались входные векторы, основанные на предыдущих временных шагах, а для рекуррентных нейросетей – входные матрицы, содержащие временные последовательности.

В рамках проведенного исследования осуществлен сравнительный анализ следующих архитектурных решений: базовый многослойный перцептрон, нейронная сеть Колмогорова-Арнольда [3], трансформерная архитектура, гибридная модель (Колмогоров-Арнольд + трансформер) [4], рекуррентные нейросети с блоками LSTM и GRU [1], разработанная авторами архитектура QUANT на основе зонной теории [2] и рекуррентная версия модели QUANT.

Для проверки эффективности выбранных моделей был проведен комплекс экспериментов, включая этап предварительной обработки данных, обучение моделей и оценку их прогностической точности. На начальном этапе проводилась отборочная оценка на основе способности моделей к одношаговому прогнозированию. Основным критерием

было попадание в 5%-й доверительный интервал (P5-MAPE, Mean absolute percentage error - средняя абсолютная процентная ошибка) на валидационном наборе данных: НСКА – 78%, трансформер – 28%, LSTM – 26%, GRU – 25%, перцептрон – 80%, QUANT – 82%, рекуррентная QUANT – 99,5%.

Рекуррентная модель QUANT была выбрана для дальнейшего анализа благодаря наилучшему показателю P5-MAPE (99,5%).

Модель обучалась прогнозировать 20 временных шагов (4 секунды при дискретизации $\Delta t=0,2$ с) на основе 100 предыдущих отсчетов (20 секунд истории). Входные данные имели форму тензора размером: количество примеров, подаваемых в модель; количество предыдущих отсчетов; количество шагов дискретизации; количество входных признаков одного шага [1,100,9], а выходные размеры: количество примеров, подаваемых в модель; количество шагов прогнозирования [1,20].

Результаты обучения показали, что 58% значений попадают в 5%-й доверительный интервал для всего прогнозируемого периода. Эксперимент подтвердил возможность использования гибридных нейроархитектур (QUANT + рекуррентные слои) для прогнозирования показателя тяги с приемлемой точностью. Достигнутая точность 58% P5-MAPE при 20-шаговом прогнозе позволяет использовать эту модель в системах предаварийной диагностики, адаптивного управления топливной системой и оптимизации тяги в реальном времени.

Для промышленной реализации и дальнейшего совершенствования алгоритмов необходимо расширить обучающую выборку данными об аномальных режимах работы, внедрить механизм коррекции весов в режиме реального времени и провести верификацию на стендах с моделированием шума датчиков.

Список используемых источников:

1. Николенько С.И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. М.: Питер, 2018.
2. Попов А.М., Тихонова О.В. Атомная физика. М.: МГУ, 2019.
3. Köppen M. On the training of a kolmogorov network // Artificial Neural Networks—ICANN 2002: International Conference Madrid, Spain, August 28–30, 2002 Proceedings. Vol. 12. Springer, 2002. Pp. 474–479.
4. Genet R., Inzirillo H. A Temporal Kolmogorov-Arnold Transformer for Time Series Forecasting. Arxiv preprint arXiv:2201.00001, 2022.

Обучение акустической модели системы определения качества произношения с частичным привлечением учителя

Когтев В.Д., Зайцев М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

Существует задача поиска дополнительного источника информации, позволяющей расширить границы возможностей восприятия глухими и слабослышащими фонетических элементов речи в ходе обучения устной стороне речи [1].

Целью данной работы является разработка вспомогательного технического средства (далее – ВТС), способного давать обратную связь о произношении. По сути, цель сводится к разработке технического решения, реализующего количественную оценку качества произношения речевого высказывания как степень соответствия распознанной последовательности произнесенных звуков речи фонетической транскрипции речевого задания. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи: рассмотрение и анализ существующих методов определения качества произношения, определение их достоинств и недостатков, разработка нового метода, проведение экспериментов, анализ полученных результатов.

В отечественной литературе описан ряд методов решения задачи определения качества произношения [2, 3]. Помимо этого, существуют физические устройства, реализующие данный функционал (пат. №153322 U1, автор Кнеллер Эммануил Григорьевич).

Анализ описанных методов выявил несколько существенных недостатков, главным из которых является отсутствие универсальности относительно диктора и речевого материала – вышеописанные решения предполагают наличие предварительно заготовленных эталонных записей речевых звуков для сравнения с анализируемым фрагментом речевого сигнала. Данная особенность не позволяет применять вышеупомянутые методы в произвольной задаче без необходимости осуществлять предварительный сбор эталонных записей.

Было сформулировано предположение о том, что для создания BTC, лишённого вышеобозначенного недостатка, следует применить технологии машинного и глубокого обучения в области обработки аудиосигнала.

На данный момент наиболее распространённым и изученным подходом является обучение с учителем, главный недостаток которого заключается в необходимости реализовать разметку данных, что в задачах обработки речевого сигнала является крайне трудозатратным и дорогостоящим процессом.

Потенциальным решением проблемы может стать комбинация подходов обучения с учителем и обучения без учителя – обучение с частичным привлечением учителя (Self-Supervised Learning). В данном подходе исходная выборка данных делится на две подвыборки: большую неразмеченную часть (минимум 95%) и малую размеченную (не больше 5%). Первая подвыборка используется для обучения модели для общей задачи (Pre-train task), вторая – для «заточивания» модели под конкретную задачу (Downstream task). В нашем случае общей задачей является обучение представлений на большом объёме данных, частная – классификация фоном. Архитектуры моделей, заточенные под данный подход, анализируют внутренние структуры и зависимости в данных, что позволяет им генерировать псевдо-метки — метки, не указанные вручную, но полученные непосредственно из данных. Данная особенность нивелирует главную проблему обучения с учителем – высокую стоимость разметки, – при этом не сильно теряя в точности.

В задачах распознавания речи данная парадигма обучения нашла свое воплощение в двух основных подходах: Contrastive и Self-Prediction [4]. При этом эти подходы декларируются не сами по себе, а в привязке к конкретным моделям, что делает их применение и адаптацию под другие задачи затруднительным. В рамках одного Self-Supervised подхода наблюдается сильная вариативность архитектур моделей.

Для решения поставленной задачи предлагается модель, архитектура которой предполагает прохождения сигнала сквозь одномерные сверточные слои, затем обработку с энкодера трансформера и линейные слои для получения оценки функции плотности распределения вероятности. Эта модель была обучена в рамках адаптированного для настоящей задачи метода SimCLR.

Экспериментальная проверка проводилась в два этапа:

1. Обучение модели с учителем на датасете TIMIT;

2. Предварительное обучение с частичным привлечением учителя на датасете LibriSpeech с последующим дообучением на целевую задачу на датасете TIMIT.

В результате исследования было показано, что применение Self-Supervised подхода к обучению нейросетей для более специфичных задач обработки речевого сигнала позволяет успешно обходить недостаток размеченных аудиоданных без потерь в точности модели.

Список используемых источников:

1. Слезина, Н. Ф. Применение технических средств в обучении глухих произношению / Н. Ф. Слезина. Москва : Педагогика, 1975, 144 с.

2. Савченко Владимир Васильевич Информационная теория качества речи // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-teoriya-kachestva-rechi>

3. Новохрестова, Дарья Игоревна. Методики и алгоритм анализа данных при оценке качества произношения слогов в процессе речевой реабилитации : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.17 / Новохрестова Дарья Игоревна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»]. — Томск, 2022. — 23 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_011186384.

4. Lilian Weng (Open AI), Jong Wook Kim (Open AI): Self-supervised learning: self-prediction and contrastive learning // NeurIPS 2021 Tutorial – URL: <https://neurips.cc/media/neurips-2021/Slides/21895.pdf>.

Применение методов семантической сегментации на основе нейронных сетей в системах компьютерного зрения реального времени

Корыткин Н.Г.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Богуславский А.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Для навигации наземного робота в условиях бездорожья важно точно распознавать тропы, растительность и препятствия. Семантическая сегментация выделяет ключевые объекты, но её применение в реальном времени требует оптимизации моделей для ограниченных вычислительных ресурсов, что и является целью работы.

Семантическая сегментация — задача компьютерного зрения, в которой изображение разбивается на подгруппы пикселей соответствующих объектов и классифицируется. Из-за большого объема данных ручная разметка становится экономически невыгодной, что делает глубокие нейронные сети предпочтительным решением.

Существуют различные архитектуры глубоких нейронных сетей для семантической сегментации. Из рассмотренных (FCN, DeconvNet, SegNet, U-Net, DeepLabv1, DeepLabv2, DeepLabv3, DeepLabv3+) наиболее эффективной является DeepLabv3+, предназначенная для высокой точности, но требующая значительных вычислительных ресурсов. Для реального времени выбрана архитектура с использованием декодировщика DeepLabv3+ [1] и кодировщиков MobileNetV3 small [2] (для модели 1) и ResNet50 [3] (для модели 2). Это сочетает преимущества различных архитектур для улучшения производительности. Для разработки использовалась библиотека TensorFlow.

Требуется выделить проходимые участки дороги на видеопоследовательностях, оценить их ширину и точность сегментации для обеспечения надежной навигации наземного робота.

В качестве основы для обучения использован датасет Yamaha-CMU Off-Road (YCOR) [4], содержащий 1076 изображений с разметкой по 8 классам: небо, неровная тропа, гладкая тропа, проходимая трава, высокая растительность, непроходимая низкая растительность, препятствие. Изображения разрешения 1024×544, собраны при скорости 5 км/ч в трёх временах года на пересеченной местности. Авторами датасета случайным образом было проведено разбиение изображений на два набора:

1. Обучающий набор состоит из 931 изображения.
2. Валидационный набор состоит из 145 изображений.

Параметры

В качестве основы использовались веса моделей MobileNetV3 small и ResNet50 обученных на датасете ImageNet. Затем выполнено дообучение двух разработанных архитектур нейронных сетей на подготовленном датасете YCOR.

Гиперпараметры

1. Скорость обучения снижалась в зависимости от ситуации, во время обучения, если обнаружено плато – значение функции потерь, вычисленное на валидационном наборе данных.

2. Размер пакетной выборки (batch size) – равен 16.

3. Максимальное число эпох обучения – 500.

Для семантической сегментации, где каждый пиксель относится к одному классу, выбрана функция потерь Sparse Categorical Cross Entropy.

В качестве оптимизатора был выбран – Nadam, который является комбинацией оптимизатора Adam и метода ускоренного градиентного спуска Нестерова.

Нейронные сети обучались на графическом процессоре NVIDIA GeForce RTX 3050 (8ГБ VRAM).

Для тестирования использовались видеопоследовательности с разрешением 1920×1080 пикселей и частотой 30 кадров в секунду с сайта YouTube с движением по пересеченной местности (бездорожье) со скоростями 5, 10, 16, 30 км/ч.

Выполнен анализ и сравнение качества моделей.

Модель 1:

Обучающая выборка: mIOU = 68,38%, PA = 94,31%, MA = 98,74%

Валидационная выборка: mIOU = 55,56%, PA = 96,05%, MA = 99,12%

Модель 2:

Обучающая выборка: mIOU = 56,38%, PA = 93,95%, MA = 98,65%

Валидационная выборка: mIOU = 49,30%, PA = 94,55%, MA = 98,79%

Модель 1 показала в целом лучший результат.

Выполнен анализ скорости работы моделей для обработки от 15 до 30 кадров в секунду при скоростях движения робота от 5 до 40 км/ч. На тестовом стенде с NVIDIA GeForce RTX 3050 обе модели обеспечили 30 кадров в секунду (модель 1: 31 кадр/с, модель 2: 43 кадра/с) при семантической сегментации видеопоследовательностей 1920×1080 пикселей. На GPU (NVIDIA RTX 3050) тестовый стенд 1: DeepLabv3+ с ResNet50 обеспечила больше FPS, чем с MobileNetV3 small. На CPU (стенды 1 – AMD Ryzen 5 3600 и 2 – AMD Ryzen 7 5700U): DeepLabv3+ с MobileNetV3 small обеспечила больше FPS, чем с ResNet50.

Таким образом, DeepLabv3+ с MobileNetV3 small обеспечивает лучшее качество и скорость на CPU, а с ResNet50 – большую скорость на GPU.

Сегментация трапецевидной области дорожного покрытия. Обе модели показали высокую точность. Модель 2 лучше выделяет участки дороги (90,08% против 69,17% у модели 1).

Сегментация средней линии трапецевидной области как ширины дорожного покрытия. Модель 2 имеет большее среднее и минимальное значение ширины дороги, чем модель 1. Медианное и максимальные значения одинаковы у обеих моделей. Стандартное отклонение модели 1 (66.45) выше, что указывает на большую изменчивость, а у модели 2 (0.78) — более стабильный результат. Процентили обеих моделей равны 769.

Разработанные архитектуры обеспечивают семантическую сегментацию изображений с достаточной скоростью для работы наземного робота при скоростях движения от 5 до 40 км/ч, требующей обработки от 15 до 30 кадров в секунду.

Список используемых источников:

1. Chen L.C. et al. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation // ECCV 2018. LNCS, vol 11211. Springer, Cham, 2018. DOI: 10.1007/978-3-030-01234-2_49.
2. Howard A. et al. Searching for MobileNetV3 // ICCV 2019. IEEE, 2019. P. 1314-1324.
3. He K. et al. Deep Residual Learning for Image Recognition // CVPR 2016. P. 770-778.
4. Maturana D. et al. Real-time Semantic Mapping for Autonomous Off-Road Navigation // Field and Service Robotics, 2018. P. 335-350.

Применение сетей глубокого обучения в задаче визуальной одометрии

Корыткин П.Г.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Богуславский А.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Повышение автономности робототехнических комплексов (РТК) связано с необходимостью повышения точности позиционирования РТК в пространстве. В настоящее время для позиционирования применяются комплексирование информации от IMU и GPS. Но такой подход имеет недостатки. Недостатком IMU является накопление ошибок со временем, и чувствительность к проскальзыванию колёс [1]. Недостаток GPS – невозможность применения в замкнутых пространствах. Поэтому необходимы дополнительные источники информации о навигационных параметрах.

Перспективное направление для применения – визуальная одометрия (ВО), которая выполняет вычисление угловых и линейных координат на основе набора изображений. Основными этапами ВО являются: захват изображений, поиск признаков, сопоставление

признаков, оценка поворота и перемещения. Традиционные методы ВО для поиска особых признаков применяют некоторый алгоритм, который необходимо предварительно настроить для оптимальной работы в заданных условиях. Популярны алгоритмы поиска признаков: SIFT, ORB, SURF. В силу необходимости настройки данные алгоритмы чувствительны к изменению среды, освещения, шумам на изображениях, что ограничивает их применение в сложных и изменчивых условиях.

В настоящее время удешевление графических ускорителей позволило применять нейронные сети к графическим изображениям для решения различных задач. Поэтому целью данной работы являлось исследование применения глубоких нейронных сетей для поиска особых точек на изображении в существующей системе ВО [2] и сравнение полученных результатов с алгоритмом SIFT.

В настоящий момент существует множество архитектур нейронных сетей. Как правило объём требуемой видеопамяти зависит от числа параметров. Число параметров и математических операций влияет на скорость обучения и применения глубокой нейронной сети. В результате изучения информации об архитектурах кодировщиков серии MobileNet решено выбрать кодировщик MobileNet V2 [3]. Для кодирования признаковов пространства и U-Net для декодирования. Для реализации данной архитектуры использовался фреймворк Tensorflow [4]. Нейронные сети обучались на видеоадаптере RTX 3050 с 8 Гб VRAM.

В силу того, что для большего числа параметров у глубокой нейронной сети нужно больше видеопамяти и больше обучающих изображений решено ограничиться тремя наборами разрешений 64x64, 128x128 и 224x224.

Для обучения, тестов и валидации использовался датасет, который подготовлен на основе кадров четырёх видеозаписей. Две видеозаписи на камеру автомобиля и две синтетические видеозаписи из игры Euro Truck Simulator 2. Для данных изображений создавались пара на основе применения алгоритма SIFT к исходному изображению, а для полученных результатов строилась матрица чёрно-белых (ЧБ) изображений, где наличие признака закрашивалось белым цветом, а отсутствие чёрным. При этом в силу перекоса в сторону отсутствия найденных признаков на изображении, для избежания переобучения выполнена балансировка.

Информация о использованном датасете:

1. Обучающий 670632 пары изображений.
2. Валидационный 16626 пары изображений.

Для решения задачи поиска признаков возможно два подхода: первый подход – работа с сегментами исходного изображения фиксированного размера, второй – работа с исходным изображением, отмасштабированным до фиксированного разрешения. Первый подход требует дополнительного времени для предварительной подготовки сегментов изображений, но может пакетно обрабатываться нейронной сетью, а второй теряет детали сходного изображения так как у изображения снижается разрешение и появляются артефакты, связанные с применением алгоритма, уменьшающего разрешение. Для исследования решено применить оба подхода и сравнить.

Качество обучения отслеживалось на основе метрики F1-Score. При обнаружении плато или переобучения на данной метрике выполнялась остановка обучения.

Информация о разработанных нейронных сетях и результатах обучения:

1. Фрагмент цветного изображения (ЦИ) разрешения 64x64x3, число параметров 601009, F1-Score 0.2766.
2. Фрагмент ЦИ разрешения 128x128x3, число параметров 1602593, F1-Score 0.2335.
3. Фрагмент ЧБ изображения 64x64x1, число параметров 600433, F1-Score 0.4498.
4. Цветное изображение разрешения 224x224x3, число параметров 558656, F1-Score 0.4128.

В силу того, что нейронная сеть 3 показала лучший результат по метрике F1 Score, выполнено апробирование данной нейронной сети для получения признаков в существующей системе ВО [5], а также её сравнение с алгоритмом SIFT.

Апробирование выполнялось на наборе данных KITTI на маршрутах 0, 1, 2 для монокулярного варианта.

Результаты апробирования:

1. В маршруте 2 нейронная сеть 3 показала меньшее расстояние до точного положения. 398,05 метров против 459,4 метров.

2. По временным затратам применение нейронных сетей уступает алгоритму SIFT до 4 раз.

В результате выполнения работы подтверждена возможность применения нейронных сетей для этапа выделения признаков на изображениях, для применения в существующих системах ВО, при условии наличия графического ускорителя.

Список используемых источников:

1. Maimone M. Autonomous Navigation Results from the Mars Exploration Rover (MER) Mission / M. Maimone, A. Johnson, Y. Cheng, R. Willson, L. Matthies // Experimental Robotics IX, 2006. P. 3-12.

2. MonoVO-python // Github URL: <https://github.com/uoip/monoVO-python> (дата обращения: 08.02.2025).

3. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks / M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, L. Chen // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018, pp. 4510-4520.

4. API Documentation // Tensorflow URL: https://www.tensorflow.org/api_docs/ (дата обращения: 08.02.2025).

Изучение геометрии поверхности водных путей с использованием БАС и компьютерного зрения

Кулик П.В., Скачков А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

В Российской Федерации судоходные водные пути играют ключевую роль в транспортной инфраструктуре, обеспечивая связь между удаленными регионами. Речной транспорт используется для перевозки грузов и пассажиров по внутренним водным артериям, что особенно важно для территорий с ограниченной наземной доступностью. Однако современные вызовы, такие как изменение климата, рост антропогенного воздействия и необходимость повышения безопасности судоходства, требуют новых подходов к мониторингу и обследованию водных путей.

Актуальность использования беспилотных авиационных систем (БАС) обусловлена их способностью предоставлять оперативную информацию о состоянии рек, каналов и морских зон. Традиционные методы обследования, такие как спутниковая съемка или наземные исследования, имеют ограничения: высокая стоимость, зависимость от погодных условий и недостаточная точность в сложных условиях, например, при зимнем судоходстве. Применение БАС существенно расширяет возможности мониторинга, позволяя снизить время проведения работ на 60% по сравнению с классическими методами. Благодаря использованию технологий лазерного излучения для точного измерения расстояний до объектов и искусственного интеллекта (ИИ), данные становятся более точными и информативными, а системы способны функционировать даже при экстремальных температурах до -50°C .

Особое значение имеет интеграция ИИ-анализа данных, который не только выявляет опасные участки, такие как трещины в льду, затопленные зоны или изменения русла реки, но и прогнозирует их развитие. Это позволяет принимать необходимые меры, снижая риски для судоходства и окружающей среды. Система ИИ способна анализировать данные за несколько дней или недель, чтобы прогнозировать развитие негативных процессов, например: расширение трещин в ледовом покрове, увеличение площади затопленных зон, изменение течения реки. Это позволит заранее предупредить судоходные компании о возможных рисках и спланировать альтернативные маршруты. Такой подход полностью соответствует принципам устойчивого развития и требованиям Министерства транспорта РФ, направленным на усиление контроля за состоянием водных путей. В результате

внедрения этих технологий повышается эффективность управления транспортными потоками, обеспечивается безопасность движения судов и минимизируются негативные последствия для экосистем. Таким образом, использование БАС становится важным шагом в развитии современной транспортной инфраструктуры России.

Список используемых источников:

1. «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 02.07.2021) Статья 114. Авиационные работы http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744.
2. Актуальность состояния воздушного пространства РФ: <https://fpln.ru/>.
3. Петров В.А., Сидоров И.М. Современные методы дешифрирования данных беспилотных летательных аппаратов. — Санкт-Петербург: Научный центр, 2021. — 184 с.
4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016. — С. 779–788. — DOI: 10.1109/CVPR.2016.91.

Численный анализ устойчивости при осевом сжатии слоистых композитных цилиндрических оболочек в сопоставлении с экспериментом

Митянина А.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Бондарь В.С.

Московский Политех, Москва

Цилиндрические оболочки, выполненные из слоистых композитных материалов (где каждый слой представляет собой полимер, армированный тонкими высокопрочными волокнами), находят всё большее применение в качестве несущих элементов конструкций изделий ракетно-космической техники. Известно, что величина критической нагрузки для находящейся в состоянии осевого сжатия слоистой композитной цилиндрической оболочки существенным образом зависит от имеющихся у оболочки начальных несовершенств, обусловленных технологией её изготовления. Имеющиеся в литературе публикации показывают, что при наличии тщательно выполненных замеров, касающихся этих несовершенств, используя геометрически нелинейные вычислительные модели, можно получить по критическим нагрузкам результаты, близкие к эксперименту. Это обстоятельство не решает, однако, проблему расчётного прогнозирования критических нагрузок для оболочек рассматриваемого типа, поскольку соответствующие расчёты необходимо выполнять на этапе проектирования, когда форму начальных несовершенств можно только предполагать. Цель представляемого здесь исследования состоит в том, чтобы продемонстрировать методику, направленную на подбор такого вида аналитически задаваемой формы, которую можно использовать в качестве типовой при расчётах на устойчивость заявленных композитных оболочек с учётом начальных несовершенств. Отмеченную демонстрацию осуществляем на примере образца композитной цилиндрической оболочки, который был экспериментально исследован в работе [1]. Итак, рассматриваем находящийся под действием осевой сжимающей нагрузки Q углепластиковый цилиндрический (длиной $L=355,6$ мм и радиусом $R=203,2$ мм) образец со схемой выкладки слоёв вида: $[\mp 45^\circ/0^\circ/90^\circ 2/0^\circ/\pm 45^\circ]$. Характеристики соответствующего препрега при этом имеют вид: $E_1=127553$ МПа, $E_2=11307$ МПа, $G_{12}=5998$ МПа, $\nu_{12}=0,3$, $t=0,127$ мм. Укажем, что для исследуемого образца были проведены замеры с определением формы несовершенства и его амплитуды A порядка 2 мм. В среде программного комплекса ABAQUS на основе оболочечного элемента S4 строим необходимые для проведения расчётных исследований конечно-элементные модели, а именно: модель КЭ-1, предназначенную для линейного бифуркационного анализа (как без учёта, так и с учётом начальных несовершенств) и модель КЭ-2, способную решать в геометрически нелинейной постановке (с учётом начальных несовершенств) задачу о деформации образца под действием осевой сжимающей нагрузки. Кроме того, строим процедуру, позволяющую внести изменения (аналитически задаваемые начальные несовершенства) в исходную форму кругового цилиндра рассматриваемого образца.

Результаты выполненных расчётных исследований сводятся к следующему. В цилиндрической системе координат подобрана соответствующая экспериментальным данным работы [1] функция $\Delta r = \Delta r(q)$, описывающая имеющиеся у точек поверхности образца радиальные отклонения от номинала в зависимости от угловой координаты q . Расчёт с принятием для указанного образца значений амплитуды начального несовершенства A [мм] вида (0; 0,5; 1; 2) приводит к значениям $Q_{кр}$ [кН] вида (190,5; 180; 173,1; 157,5). Таким образом, расчёт с значением параметра $A=2$ мм приводит соответственно к значению $Q_{кр}=157,5$ кН, что хорошо согласуется (в пределах 4%) с экспериментально зафиксированным значением $Q_{кр}=151,6$ кН.

Список используемых источников:

1. Hilburger M.W., Nemeth M.P., Starnes J.H. Shell buckling design criteria based on manufacturing imperfection signatures. – Текст: электронный // NASA/TM-2004-212659. – 2004. – URL: <https://ntrs.nasa.gov/citation/20040077039>.

Интеллектуальный RAG-агент футбольного комментатора

Наймушин Р.Н.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Крылов С.С.

МАИ, Москва

Футбол — это не только динамичная игра, но и сложный информационный процесс, требующий быстрого доступа к множеству данных. Современный футбольный комментатор должен не только описывать события на поле, но и анализировать статистику, делать прогнозы, обеспечивать контекст игры и информировать зрителей о последних новостях, что требует значительных усилий. В условиях постоянного потока информации и ограниченного времени на подготовку интеллектуальные системы, такие как RAG-агенты (Retrieval-Augmented Generation), способны значительно облегчить задачу комментатора. Использование интеллектуальных RAG-агентов в спортивном комментировании — это не только шаг вперед в улучшении качества спортивных трансляций, но и важный инструмент для эффективного управления временем комментатора. Вместо того чтобы тратить часы на поиск информации, система может предоставить актуальные и точные данные в режиме реального времени.

RAG-агент представляет собой комбинацию технологий извлечения и генерации информации, которая предоставляет точные и актуальные данные в реальном времени, сокращая время на поиск информации и обеспечивая более глубокий анализ событий. На первом этапе система обращается к внешним источникам данных - базам данных, где она ищет наиболее релевантные фрагменты данных, связанные с запросом. Это извлечение может быть выполнено с использованием различных методов, таких как поиск по ключевым словам, векторные модели или нейронные сети, которые оценивают схожесть текста. После того как система извлекает необходимые фрагменты данных, начинается второй этап — генерация текста. На этом этапе RAG-агент использует информацию, полученную на первом шаге, и формирует связный, логически организованный текст.

Разработанная система получает информацию из внешнего источника — базы данных текстовых трансляций футбольных матчей. На этапе извлечения применяется multilingual-e5-large — векторная модель (sentence embedding model), обученная на многоязычном корпусе. Она предназначена для генерации эмбедингов текстов. Последовательно происходит преобразование запроса и базы данных в эмбединги, поиск ближайших соседей (nearest neighbor search) и выдача релевантных результатов. В качестве ранкера (средства, использование которого помогает уменьшить количество ненужной или менее релевантной информации, обеспечивая более точные и соответствующие контексту данные) используется BERT-Multilingual-Passage-Reranking-MSMARCO. Эта модель оценивает релевантность извлеченных данных, сортируя их по степени важности в контексте запроса. В качестве LLM (Large Language Model) используется GigaChat для генерации итогового ответа пользователю с учетом дополнительно найденной релевантной информации.

В результате разработан уникальный интеллектуальный RAG-агент футбольного комментатора, который в 85+% мгновенно выдает узкопрофильную статистическую

информацию, для поиска которой необходимо просмотреть в среднем 3 источника или провести исследование, в ходе которого необходимо производить вычисления. Например, задав агенту вопрос: «Какой игрок забил больше всех голов в ворота Валенсии в сезоне 2023/2024 в чемпионате Испании», будет получен ответ: «В 2023/2024 в ворота Валенсии забил Роберт Левандовски (Барселона), который отличился четырьмя голами». Ответ на такой вопрос невозможно получить через прямой поисковый запрос в интернете, необходимо открывать статистику бомбардиров и считать голы вручную. Таким образом, агент позволяет комментаторам существенно экономить время при подготовке к матчам, а также быстро получать необходимую дополнительную информацию в процессе репортажа.

Список используемых источников:

1. Бенджио Иошуа, Гудфеллоу Ян, Курвилль Аарон. Глубокое обучение // ДМК-Пресс, 2018. 652 с.
2. Lewis Tunstall, Leandro von Werra, Thomas Wolf Natural Language Processing with Transformers // O'Reilly Media, 2022. P. 406.
3. Hugging Face Documentation, Документация к модели amberoad/bert-multilingual-passage-reranking-msmarco. URL: <https://huggingface.co/amberoad/bert-multilingual-passage-reranking-msmarco/> (дата обращения: 19.12.2024).
4. Ragas, платформа для обработки данных и построения RAG-агентов. URL: <https://www.ragas.io/> (дата обращения 10.12.2024).

Применение глубоких нейронных сетей для классификации сердечно-сосудистых заболеваний по сигналам электрокардиограммы

Псеунов Д.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Алексейчук А.С.

МАИ, Москва

В работе рассматривается задача классификации сердечно-сосудистых заболеваний по сигналам электрокардиограммы с применением глубоких нейронных сетей. Данное направление актуально благодаря росту объемов медицинских данных и потребности в автоматизированных системах диагностики, позволяющих быстро и точно выявлять патологии сердца.

Главной задачей исследования является проведение экспериментов по составлению архитектуры нейронной сети, обеспечивающей оптимальные результаты на тестовых данных. Основное внимание уделяется разработке и сравнению моделей на основе CNN, LSTM и их гибридов, а также применению методов аугментации данных для улучшения качества классификации.

Для обучения и тестирования применялся набор данных PTB-XL, включающий свыше 20 000 высококачественных записей ЭКГ и аннотаций по нескольким группам кардиологических диагнозов: нормального синусового ритма, инфаркта миокарда, гипертрофии, нарушения проводимости и изменения сегмента ST и волны T. Из-за высокой вариативности и большого объема данных набор предоставляет благоприятные условия для экспериментов.

Для улучшения обобщающей способности модели и снижения переобучения применялись стандартные техники аугментации временных рядов ЭКГ: добавление шума, временные сдвиги, масштабирование по оси времени. Обучение проводилось с использованием стратегии тонкой настройки гиперпараметров: темпа обучения, размера мини-пакета и количества слоев. Контроль переобучения осуществлялся с помощью регуляризации и ранней остановки на основе метрик на валидационной выборке.

В результате проведенных экспериментов была выявлена наиболее эффективная архитектура, сочетающая CNN блок и двунаправленный LSTM блок. Применение базовых методов аугментации данных позволило модели достичь 77,3% точности по метрике ассигасу на тестовой выборке, несмотря на отсутствие специальных методов балансировки классов. Однако детальный анализ показал, что классификация модели затруднена для преобладающего класса нормального синусового ритма.

Кроме того, был проанализирован дисбаланс классов, ведущий к переобучению модели на наиболее массовом классе. Для преодоления данной проблемы были проведены дополнительные эксперименты с разработанной архитектурой. В качестве методов решения использовались сэмплирование, субдискретизация, взвешивание классов и их различные комбинации. Результаты экспериментов показали, что наибольшую эффективность продемонстрировало использование весовых коэффициентов, что позволяет смягчить проблему переобучения на массовом классе. Метод весовых коэффициентов, используемый для борьбы с дисбалансом классов, заключается в присвоении каждому классу различного "веса" при обучении модели. В таком подходе менее представительным классам назначаются более высокие веса, в то время как более массовым классам приписываются более низкие веса.

Проведённая работа свидетельствует о том, что разработанная архитектура в сочетании с базовыми техниками аугментации может достигать высокой точности в классификации сигналов ЭКГ.

Список используемых источников:

1. Орельен Жерон. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем // Диалектика. 2020. 1040 с.
2. Джон Д. Келлехер. Глубокое обучение // Библиотека MIT. 2020. 160 с.
3. Патрик Вагнер, Нильс Штротхофф, Ральф-Дитер Буссельжо, Войцех Самек, Тобиас Шеффтер. PTB-XL, большой общедоступный набор данных электрокардиографии. URL: <https://physionet.org/content/ptb-xl/1.0.3/> (дата обращения: 19.10.2024).

Программный комплекс для моделирования химически-реагирующих течений газа в каналах

Самуйлов Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Северина Н.С.
МАИ, Москва

В настоящей работе описывается программный комплекс для физико-математического моделирования процессов, протекающих в камерах сгорания двигательных установок, химических реакторах и других технологических устройствах, использующих многокомпонентные смеси газов. Проведение математических расчетов позволяет сэкономить материальные средства и время при выполнении натурных экспериментов, дополняя или, в некоторых случаях, заменяя их полностью. Сложностью в подобных задачах является требование к высокой точности их решения, что приводит к увеличению объема обрабатываемых данных. Из-за нелинейной природы рассматриваемых задач даже при самых «гладких» начальных условиях в решении появляются резкие изменения. Чтобы детально изучить, как движется и реагирует многокомпонентный газ, нужно проводить расчеты на подробных разностных сетках как по пространству, так и по времени. Вычислительная сложность таких задачи предъявляет высокие требования к используемым ресурсам и подтверждает актуальность разработки программного комплекса для моделирования химически-реагирующих течений газа, позволяющего провести полный цикл исследования: от задания начальных данных до обработки и визуализации результатов.

Особенностью разработанного программного комплекса является методика моделирования квазидвумерных нестационарных течений реагирующего газа. Классические численные методы сталкиваются с проблемами недостаточной разрешающей способности при описании тонкой структуры течений, особенно в зонах сильных разрывов и химических реакций. Это приводит к потере деталей физических процессов. Примененная методика моделирования решает данную проблему за счет использования существенно нерегулярной подвижной разностной сетки, где расчетные узлы следуют за траекториями сильных и слабых разрывов, а параметры в них определяются с помощью сеточно-характеристических алгоритмов. Это позволяет с высокой точностью моделировать сложные газодинамические явления.

Разработанный программный комплекс позволяет проводить полный цикл исследования конкретных прикладных задач физической газовой динамики. С учетом особенностей предметной области был реализован унифицированный стандарт обмена и обработки данных. Самой высокоуровневой частью комплекса является модуль управления, с которого начинается любой тип работы с расчетами. Данный модуль согласует работу других модулей: генератора газовых смесей, генератора кинетических механизмов, редактора базы данных термодинамических свойств веществ, редактора базы данных химических реакций, генератора начальных данных, расчетного модуля и модуля визуализации. Генераторы газовых смесей и кинетических механизмов взаимодействуют с базами данных термодинамических свойств веществ и химических реакций и позволяют на основе имеющихся данных создавать и редактировать смеси и механизмы, которые используются в исследуемом физико-химическом процессе. Редакторы баз данных термодинамических свойств веществ и химических реакций позволяют создавать новые и вносить изменения в существующие вещества и реакции в базах данных. Генератор начальных данных позволяет на основе информации о газовых смесях настраивать конфигурацию расчетного ядра. Расчетный модуль включает в себя решение различных задач физической газовой динамики, но в рамках данной работы, для демонстрации возможностей программного комплекса, рассматривается только моделирование эксперимента в ударных трубах. Модуль визуализации использует данные результатов, полученные от расчетного модуля, для построения графиков на любой стадии выполнения расчета. Архитектура вышеописанного комплекса программ была разработана с использованием модульного подхода. Данное решение позволяет пользователю внедрять в систему собственные задачи путем добавления нового расчетного модуля и генератора начальных данных.

Разработанный программный комплекс может использоваться для решения задач динамики реагирующего газа, имеющих прикладное значение, а также в качестве иллюстратора учебных курсов по физической газовой динамике.

Список используемых источников:

1. Гидаспов В.Ю., Северина Н.С. Элементарные модели и вычислительные алгоритмы физической газовой динамики. Термодинамика и химическая кинетика. – М.: Факториал, 2014. – 85 с.
2. Гидаспов В.Ю., Пирумов У.Г., Северина Н.С. Математическое моделирование квазидвухмерных нестационарных течений реагирующего газа с произвольным числом взаимодействующих разрывов // Вестник МАИ. – 2008. – Т. 15, № 5. – С. 83–94.
3. Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: справочное издание в 4-х т. – М.: Наука, 1982. – 344 с.

Разработка метода предобработки изображений посредством добавления дополнительных информационных каналов и дальнейшего преобразования изображения для улучшения точности моделей детекции объектов

(Image-Guided Text-to-Image Generation)

Сунгатуллин С.Р., Олейник С.С.

Научный руководитель — Зайцев М.Д.

МАИ, Москва

Современные модели обработки изображений, от сверток до генерации объектов, имеют широкое применение. Особенно востребованы алгоритмы детекции и сегментации, но даже они не всегда достаточно точны для потребителя. Для повышения точности сегментации используются дополнительные модули постобработки, но и это не всегда обеспечивает идеальный результат.

Сформулирована гипотеза об улучшении точности детекции при добавлении к RGB-каналам изображения двух дополнительных каналов: канала глубины и канала контуров. Для получения информации глубины и контуров изображения используются модели глубокого обучения. Информация из этих моделей объединяется с информацией RGB-каналов, в результате чего получается изображение с 5-ю каналами.

Предлагается метод предобработки 5-канального изображения в 3-канальное для улучшения характеристик моделей детекции объектов. В качестве основы преобразования используется U-net архитектура, модифицированная для эффективного слияния информации из каналов RGB, карты глубины и карты контуров. Depthwise Separable Convolutions заменяют стандартные свертки, снижая количество обучаемых параметров и вычислительные затраты. Результирующее 3-канальное изображение сохраняет ключевые пространственные характеристики, необходимые для последующей детекции, при этом обеспечивая совместимость с широким спектром существующих моделей.

Предложенный подход открывает перспективы для широкого применения в различных областях, где требуется точная и эффективная детекция объектов. В частности, алгоритм может быть использован в системах автономного вождения для более надежного распознавания дорожных знаков и пешеходов, в медицинской диагностике для выявления аномалий на изображениях, а также в задачах автоматического аннотирования данных. Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию алгоритма к различным типам входных данных и расширение спектра решаемых задач, что позволит создать универсальный инструмент для повышения точности и надежности систем компьютерного зрения.

Список используемых источников:

1. Lihe Yang, Bingyi Kang, Zilong Huang и др. Depth Anything V2 [Электронный ресурс] // arXiv:2406.09414v2[cs.CV] – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2406.09414> (дата обращения 25.12.2024).
2. Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс] // arXiv:1505.04597v1 [cs.CV] – 2015. – URL: <https://arxiv.org/abs/1505.04597> (дата обращения 04.01.2025).
3. Shilong Liu, Zhaoyang Zeng, Tianhe Ren и др. Grounding DINO: Marrying DINO with Grounded Pre-Training for Open-Set Object Detection [Электронный ресурс] // arXiv:2303.05499v5[cs.CV] – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2303.05499> (дата обращения 07.01.2025).
4. René Ranftl, Alexey Bochkovskiy, Vladlen Koltun Vision Transformers for Dense Prediction [Электронный ресурс] // arXiv:2103.13413v1[cs.CV] – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2103.13413> (Дата обращения 09.01.2025).

Динамическое ценообразование на основе прогнозирования спроса с использованием технологий машинного обучения

Цыкин И.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Наумов А.В.
МАИ, Москва

В работе рассматривается подход, основанный на комплексном анализе факторов спроса и использовании методов машинного обучения для прогнозирования оптимальной цены. Отличительной чертой работы является учет как внутренних (запасы, финансовые показатели, история продаж), так и внешних (цены конкурентов, макроэкономические индикаторы, рыночные события) факторов, оказывающих влияние на поведение потребителей. Особое внимание уделяется проблеме сбора и интерпретации неструктурированных внешних данных, которые зачастую влияют на рыночные тренды.

Предложенная модель реализована в виде двухэтапного итеративного алгоритма. На первом этапе осуществляется прогнозирование потребительского спроса с использованием ансамбля моделей градиентного бустинга на деревьях решений. Эти модели анализируют обширные исторические данные, включающие статистику продаж, изменения цен, сезонные колебания, промо-акции и релевантные внешние факторы. Для повышения прогностической силы модели рассматривается задача автоматической генерации новых информативных признаков на основе имеющихся данных. Ансамблевые методы позволяют достичь высокой точности прогнозирования, обладают устойчивостью к переобучению и способны адаптироваться к быстро меняющимся рыночным условиям.

Для оценки эффективности предложенной модели используется расширенный набор метрик, включающий коэффициент детерминации (R^2), RMSSE (Root Mean Squared Scaled Error), MAE (Mean Absolute Error) и специфические показатели, отражающие категоризацию ошибок прогнозирования, например, недооценка или переоценка спроса. В работе подчеркивается важность адаптации набора метрик к конкретным бизнес-задачам и особенностям рассматриваемого рынка.

На втором этапе, на основе полученных прогнозов спроса, производится оптимизация ценовой политики с учетом ряда ограничений, включая минимально допустимую цену, которая рассчитывается на основе закупочной стоимости, минимальной наценки, комиссий торговых площадок и прочих издержек. Система динамически определяет оптимальный уровень цен, направленный на максимизацию совокупной прибыли.

Представленная в работе методология имеет широкую область применения: от розничной и онлайн-торговли до транспортной и туристической сфер, где динамическое ценообразование позволяет быстро реагировать на изменения рыночной конъюнктуры.

Список используемых источников:

1. Е. Елистратова, К. Лунев. Градиентный бустинг // Учебник по анализу данных. © Школа анализа данных. – 2007-2023.
2. Практический анализ временных рядов: прогнозирование со статистикой и машинное обучение. : Пер. с англ. — СПб. : ООО «Диалектика», 2021. — 544 с. : ил. — Парал. тит. англ.

Методика модификации алгоритма обучения с учителем для предсказательных моделей при условии малого объема обучающих данных

Юзлибаева А.Р.

Научный руководитель — Зайцев М.Д.

МАИ, Москва

Обучение с учителем – подход в машинном обучении, при котором алгоритм использует заранее размеченные наборы данных, где каждому объекту соответствует целевая переменная.

Самым распространенным форматом хранения и обработки информации являются табличные данные, поэтому в современных задачах науки и бизнеса нередко возникают ситуации, когда обучающих табличных данных недостаточно, что затрудняет построение качественных предсказательных моделей. Такие ситуации далее будем называть недообучением.

Для решения проблемы недообучения существует множество методов, которые можно условно разделить на две группы. Первая группа объединяет различные методы предварительной обработки данных, к ним относятся балансировка классов, добавление шума, удаление избыточных признаков, бутстрэп [1]. Вторая группа – методы, изменяющие или модифицирующие алгоритм конкретной модели машинного обучения, к ней относятся использование различных по структуре алгоритмов, подбор гиперпараметров, применение генеративных моделей и ансамблей [2, 3, 4].

Цель исследования заключается в изучении влияния различных методов и их комбинаций на качество предсказаний моделей и в поиске наиболее эффективного и универсального подхода к решению проблемы обучения на малом объеме данных. Для этого была проведена серия экспериментов на нескольких отобранных, публично доступных наборах данных с размеченными целевыми переменными, которые используются для задач регрессии и классификации.

Суть каждого эксперимента заключалась в том, чтобы определить качество предсказаний моделей, обученных на различном объеме данных из отобранных датасетов. Для чистоты эксперимента были созданы условия искусственного ограничения объема данных. Обучение происходило на подмножествах данных разного размера (100%, 90%, 80%, ..., 10%). Датасеты подверглись предобработке: были удалены пропуски и выбросы,

закодированы категориальные признаки и стандартизированы числовые признаки. Для обеспечения более надежной оценки качества моделей использовалась кросс-валидация. Для отслеживания качества предсказаний фиксировались значения метрик MAPE, R2-score, F1-score, accuracy, recall, precision и проводился их мониторинг.

Результаты эксперимента позволили определить наиболее эффективный и универсальный подход, улучшающий качество предсказательных моделей в условиях малого объема обучающих данных.

Список используемых источников:

1. Guyon, I. An Introduction to Variable and Feature Selection / I. Guyon, A. Elisseeff // Journal of Machine Learning Research. — 2003. — Vol. 3. — P. 1157–1182. — URL: <https://www.jmlr.org/papers/volume3/guyon03a/guyon03a.pdf>.
2. Blagus, R. SMOTE for High-Dimensional Class-Imbalanced Data / R. Blagus, L. Lusa // BMC Bioinformatics. — 2013. — Vol. 14. — P. 106. — URL: <https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2105-14-106>.
3. Goodfellow, I. Generative Adversarial Nets / I. Goodfellow [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2014. — Vol. 27. — URL: <https://arxiv.org/abs/1406.2661>.
4. Breiman, L. Bagging Predictors / L. Breiman // Machine Learning. — 1996. — Vol. 24, № 2. — P. 123–140. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1018054314350>.

Построение геометрии диффузора камеры сгорания ГТД с использованием методов интеллектуального анализа

Юкина Д.Р., Борисов Д.С., Симовин К.К.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Матвеев С.Г.

Самарский университет, Самара

Камера сгорания – один из наиболее важных узлов двигателя, а её проектирование является трудоёмким процессом, так как она должна удовлетворят множеству различных требований, одним из таких является обеспечение заданных потерь полного давления [1]. За большую часть потерь полного давления в камере сгорания отвечает диффузор. Облик диффузора определяется выбранным прототипом и дальнейшим расчётом по одномерной методике [2]. В результате многочисленных расчётов и этапов доводки получается первичный облик камеры сгорания. На получение первичного облика уходит много времени, которое зависит от количества этапов проектирования и опыта конструктора, поэтому внедрение интеллектуальных методов в проектирование элементов камер сгорания может обеспечить сокращение времени и ресурсов на данном этапе проектирования.

Целью данной работы является рассмотреть возможность использования методов интеллектуального анализа для подбора геометрии диффузора, который обеспечит наименьшие потери полного давления.

В качестве объекта исследования был рассмотрен сектор (10°) диффузора кольцевой камеры сгорания с внезапным расширением. Положение входного сечения и его размеры оставались постоянными. Элементы внутреннего и внешнего корпуса выбраны линейными для упрощения автоматического построения конечно-элементной модели в процессе оптимизации. Положение и размеры выходного сечения так же оставались постоянными. Геометрия диффузора определялась следующими параметрами: длина диффузора, диаметр до осевой линии на выходе из диффузора и углы наклона осевой линии диффузора и раскрытия диффузора. Расчёты выполнялись для давлений на входе в КС в диапазоне от 3,2 МПа до 5,2 МПа, что соответствовало различным режимам взлётно-посадочного цикла.

На каждом шаге оптимизации записывались значения пяти геометрических параметров и давление на выходе. При помощи оптимизатора было рассчитано более 2000 вариантов диффузора. Для каждого из вариантов был определен процент потерь и среди них найден минимальный. Это значение принято за эталон при сравнении с результатами, полученных при помощи нейронных сетей.

На данной базе обучены модели, которые спрогнозировали свой результат [3]. В данной работе были предложены варианты применения интеллектуальных методов, использующих нейросетевую LSTM-модель и модель CatBoost, на примере проектирования диффузора камеры сгорания газотурбинного двигателя. Результаты этих двух методов были верифицированы в CFD-расчёте. Анализ полученных результатов показал, что CatBoost является оптимальным выбором при данном объеме обучающих данных. Модель CatBoost, принимающая на вход процент потерь, продемонстрировала наилучшую точность с относительно небольшой средней погрешностью в 1,64%. В то же время, модели, прогнозирующие параметры диффузора по углам и линейным параметрам, имеют среднюю погрешность около 3%.

Прогнозирование геометрической модели диффузора выполняется в течение нескольких секунд. В то время как расчеты с использованием ANSYS Fluent для одного набора параметров занимают несколько часов. Таким образом, методы машинного обучения предлагают значительную экономию времени по сравнению с традиционными методами моделирования.

Список используемых источников:

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД: Пер. с англ. под общ. ред. В.Е. Дорошенко // М.: Мир. 1986. С. 566.
2. Резник, В.Е. Проектный расчет камеры сгорания авиационного ГТД: учебное пособие // Куйбышев: Изд-во КуАИ. 1982. С. 84.
3. Klimberg R. Fundamentals of Predictive Analytics with JMP, Third Edition // SAS Institute. 2023. P. 494.

Применение продолжения решения по параметру в задачах идентификации материальных констант ползучести

Языков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Леонов С.С.
МАИ, Москва

В современном машиностроении и радиотехнике важную роль играет не только учёт мгновенных упругих и пластических деформаций, но и вязкоупругопластических деформаций, включая ползучесть материала. Как правило, описание неупругих деформаций, изменяющихся во времени и пространстве, приводит к определяющим соотношениям в форме систем дифференциальных уравнений, содержащих набор материальных констант, необходимых для определения прочностных свойств материалов и конструкций, из которых они состоят. Понимание явления ползучести и его изучение важно и актуально для построения сложных конструкций, электроприводов и другой сложной техники.

При исследовании моделей ползучести возникает проблема их идентификации. Идентификация математической модели – это процесс определения ее параметров и структуры, обеспечивающей наилучшее совпадение с моделируемым объектом. Как правило, задача идентификации модели очень сложна, так как материальные константы могут зависеть как от свойств выбранных определяющих соотношений, так и от свойств материала и режима нагружения. В данной работе рассматривается задача растяжения металлического стержня (образца) круглого поперечного сечения, длина которого больше его поперечного сечения. Постоянное растягивающее усилие при изотермическом одноосном растяжении в интервале напряжений от 35 МПа до 50 МПа, приложенное к стержню из стали 45, создаёт напряжение σ в начальный момент времени.

В данном исследовании предлагается сочетать общий подход к идентификации моделей деформируемых твердых тел и метод продолжения решения по параметру. Предлагаемая методика решения данного класса задач является новой и недостаточно изученной в данный момент.

В предложенную для исследования систему уравнений из теории Работнова Ю.Н. будем вводить специальный аргумент k . Данный параметр не имеет физического смысла и

позволяет избежать некоторых сложностей, возникавших ранее при обучении нейронной сети в рамках решения задачи.

Основой разрабатываемой нейронной сети является модифицированный метод Эйлера, предложенный Тарховым [1]. Обучение нейронной сети проводилось путём аппроксимации аналитических решений экспериментальными данными. Идентификация параметров проводилась путём минимизации полученного функционала.

Для регуляризации задачи минимизации было произведено расширение данных путем наложения на имеющиеся точки нормально распределенного шума. В качестве метода минимизации применяется вариант метода имитации отжига в комбинации с методом сопряженных градиентов Полака-Рибьера.

Такое сочетание полуэмпирического нейросетевого моделирования и традиционных методов вычислительной математики позволяет эффективно использовать быстродействие численных методов и делает предлагаемый подход гибким для класса подобных задач. В процессе исследования была построена апостериорная модель, применимая на более широком интервале напряжений, в сравнении с работами предыдущих исследователей.

Методология применения полуэмпирических нейронных сетей показывает хорошее согласование с экспериментальными данными [2, 3].

Список используемых источников:

1. Tarkhov D., Vasilyev A. Semi-empirical Neural Network Modeling and Digital Twins Development. An imprint of Elsevier, Academic Press, 2019.
2. Vasilyev A.N., Kuznetsov E.B., Leonov S.S., Tarkhov D.A. Comparison of Neural Network and Multilayered Approach to the Problem of Identification of the Creep and Fracture Model of Structural Elements Based on Experimental Data. Communications in Computer and Information Science 2020, 1201, 319–334.
3. Горев Б. В., Захарова Т. Э., Клопотов И. Д. К описанию процесса ползучести и разрушения материалов с немонотонным изменением деформационно-прочностных свойств // Физическая мезомеханика. 2002. Т. 5, № 2. С. 17-22.

Применение мультиагентных систем и обучения с подкреплением для организации оптимизации мелкосерийного производства

Беляев С.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МАИ, Москва

Переход промышленности к мелкосерийному производству продиктован необходимостью удовлетворения разнообразных индивидуальных потребительских запросов в условиях усиливающейся конкурентной борьбы. Увеличение номенклатуры продукции при одновременном уменьшении объемов партий приводит к тому, что доля времени, затрачиваемого на технологическую подготовку и переналадку оборудования, существенно возрастает и начинает доминировать над временем непосредственного изготовления изделий. Это выдвигает на первый план задачу сокращения времени поиска рациональной загрузки оборудования в рамках производственного планирования. Актуальность данной проблемы заключается в необходимости разработки эффективных методов управления производственными ресурсами в условиях мелкосерийного производства. Ключевой целью является минимизация времени перехода между разными видами выпускаемой продукции при повышении коэффициента загрузки оборудования. Традиционные методы планирования зачастую не справляются с высокой динамичностью и сложностью взаимодействий в таких производственных системах.

В представленной работе предлагается использовать мультиагентные системы для оптимизации процессов мелкосерийного производства. Мультиагентный подход позволяет представить различные компоненты производственной системы в виде автономных агентов. Каждый агент, обладая собственными целями и функциями, взаимодействует с другими агентами, что позволяет моделировать сложные процессы и динамику системы в целом. Такая модель обеспечивает гибкость и адаптивность производства. Агенты могут реагировать на изменения в реальном времени, такие как новые заказы, изменения приоритетов, сбои оборудования или задержки поставок. Это позволяет оптимизировать распределение задач и ресурсов, снижать время простоя оборудования и увеличивать общую производительность системы.

Применение методов обучения с подкреплением в мультиагентных системах дополнительно повышает эффективность предложенного подхода. Агенты могут обучаться на основе собственного опыта, улучшая свои стратегии взаимодействия и адаптируясь к изменяющимся условиям. Это особенно важно в мелкосерийном производстве, где ситуация может меняться очень быстро, и предварительно заданные жесткие алгоритмы управления не всегда эффективны. Интеграция мультиагентных систем с имитационным моделированием производственных процессов позволяет проводить виртуальные эксперименты и тестировать различные сценарии без риска для реального производства. Это дает возможность оценить эффективность предлагаемых стратегий и настроек системы до их внедрения на практике.

Таким образом, использование мультиагентных систем для организации оптимизации мелкосерийного производства предоставляет существенные преимущества перед традиционными методами. Предложенный подход при апробации в имитационной среде позволил значительно повысить эффективность использования оборудования, сократить время переналадки и повысить гибкость производственной системы, что в условиях современной экономики является ключевым фактором конкурентоспособности предприятий.

Список используемых источников:

1. Следков Ю. Г., Хорошко Л. Л., Кузнецов П. М. Управление бизнес-процессами в мелкосерийном производстве //СТИН. – 2022. – №. 1. – С. 29-33.
2. Pulikottil T. et al. Multi-agent based manufacturing: current trends and challenges //2021 26th IEEE international conference on emerging technologies and factory automation (ETFA). – IEEE, 2021. – С. 1-7.

Моделирование процесса эволюции популяции рыб на основе дифференциальных уравнений с дробными производными

Бинеева А.О.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

В данной работе рассматривается моделирование динамики популяции рыб с использованием дифференциальных уравнений с дробными производными. В рамках исследования проведено численное моделирование динамики популяции с использованием формул Грюнвальда-Летникова и Гёльдера. Вычисления показали, что эти методы ведут себя по-разному с изменением порядка дробной производной. В частности, формула Грюнвальда-Летникова демонстрирует резкое снижение значений дробной производной с увеличением порядка, что указывает на ослабление изменений в популяции с повышением этого порядка. В то время как по формуле Гёльдера значения функции растут плавно, что свидетельствует о менее выраженном изменении динамики с увеличением порядка дробной производной. Это позволяет заключить, что метод Грюнвальда-Летникова более чувствителен к изменениям порядка дробной производной, в то время как метод Гёльдера проявляет более сглаженную динамику.

Проведены сравнительные расчёты численных решений с применением численных методов Грюнвальда-Летникова и Адамса-Бэшфорта-Мултона. Данные методы демонстрируют резкое изменение поведения в зависимости от порядка дробной производной. При значениях дробной производной от 0,1 до 0,9 рост популяции остаётся крайне медленным даже на большом временном промежутке. Однако при значениях дробной производной, приближающихся к единице, решение начинает показывать более значительный рост, что приводит к поведению системы, схожему с классическим логистическим ростом с производной первого порядка. Сравнение результатов для различных порядков дробной производной продемонстрировало, что при малых значениях порядка популяция не достигает поддерживающей ёмкости в заданное время, что подтверждает значительное влияние порядка производной на динамику системы.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. Использование дробных производных в модели роста популяции позволяет учесть долгосрочные эффекты и замедленные реакции системы на изменения.
2. Формулы Грюнвальда-Летникова и Гёльдера дают различающиеся результаты, что обусловлено разными подходами к аппроксимации дробной производной.
3. При увеличении порядка дробной производной модель приближается к классической логистической модели, а при уменьшении порядка динамика роста существенно замедляется.
4. Численные методы Грюнвальда-Летникова и Адамса-Бэшфорта-Мултона обеспечивают высокую точность с различиями в характере аппроксимации, что может быть использовано для более точного моделирования популяционных процессов.
5. Разработанная модель может быть использована для анализа динамики реальных популяций рыб, позволяя учитывать временные задержки и наследственные эффекты численности.

Таким образом, применение дифференциальных уравнений с дробными производными открывает новые возможности для моделирования сложных биологических систем и прогнозирования динамики популяций в долгосрочной перспективе.

Список используемых источников:

1. Васильев В. В., Симак Л. А. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем: научное издание. Киев: НАН Украины, 2008. 256 с. ISBN 978-966-02-4384-2.
2. Нахушев А. М. Дробное исчисление и его применение. М.: Физматлит, 2003. 272 с.

3. Sheiso S., Desta & Ali, Mekashaw Euler's Method for Solving Logistic Growth Model Using MATLAB // International Journal of Systems Science and Applied Mathematics. 2022. Т. 7. С. 60-65. 10.11648/j.ijssam.20220703.13.

4. Soares J. C. A., Jarosz S., Costa F. S. Fractional growth models: Malthus and Verhulst // C.Q.D. – Revista Eletrônica Paulista de Matemática. Bauru, 2022. Т. 22, № 2. С. 162-177. (Edição Brazilian Symposium on Fractional Calculus).

Роевой интеллект в управлении беспилотными летательными аппаратами

Берецагин А.А., Анозин С.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

Роевой интеллект (Swarm Intelligence, SI) — это парадигма децентрализованного управления коллективными агентами, вдохновленная природными системами, такими как муравьиные колонии, стаи птиц, косяки рыб и рои пчёл. В последние десятилетия данная концепция активно применяется в робототехнике, в частности, в разработке групп автономных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), или дронов. Развитие технологий искусственного интеллекта, сенсорных сетей и связи позволяет создавать системы дронов, способные к слаженному взаимодействию без централизованного управления, что открывает новые горизонты в области разведки, картографирования, спасательных операций, сельского хозяйства и военных применений.

Биологические основы роевого интеллекта

Природа предлагает множество примеров эффективного коллективного поведения, которые легли в основу алгоритмов роевого интеллекта: муравьиные колонии, пчелиные рои, косяки рыб, стаи птиц. Принципы их поведения были использованы в алгоритмах роевого интеллекта для беспилотных систем.

Использование этих биологических принципов позволяет разрабатывать системы автономного управления дронами, работающими в составе роя, который может адаптироваться к изменениям окружающей среды и выполнять сложные задачи коллективно.

Технические аспекты роевого интеллекта беспилотников

Современные системы роевого интеллекта для БПЛА строятся на нескольких ключевых технологических принципах:

1. Децентрализованное управление: в отличие от традиционных систем с центральным контроллером, рои дронов работают на основе распределённых алгоритмов, где каждый дрон принимает решения локально на основе доступных данных.

2. Алгоритмы самоорганизации: Такие алгоритмы, как ACO, PSO и Boid Model, позволяют дронам взаимодействовать на основе простых правил, формируя сложные модели поведения.

3. Связь и обмен данными: Дроны используют беспроводные сети (Wi-Fi, ZigBee, 5G) для передачи информации между участниками роя, что позволяет им реагировать на изменения среды в реальном времени.

4. Сенсоры и навигация: GPS, IMU, лидары и камеры позволяют дронам анализировать окружающую среду, избегать препятствий и координировать своё движение.

5. Методы машинного обучения: Искусственные нейронные сети и алгоритмы обучения с подкреплением используются для адаптации роя дронов к новым условиям и повышенной автономности.

Существующие решения

На сегодняшний день разработано множество проектов и платформ, использующих принципы роевого интеллекта в беспилотных системах, среди которых: Swarm Robotics, Kilobot, DARPA OFFSET, Drone Swarm Technology от Airbus.

Цель: создать и протестировать алгоритмы роевого интеллекта для группы виртуальных дронов.

Шаги исследования:

1. Изучение основ: Ознакомление с моделями роевого интеллекта (Boid Model, ACO, PSO).
2. Создание симуляции: Настройка игровой среды в Unity, Unreal Engine или Godot, загрузка 3D-моделей дронов.
3. Разработка алгоритмов: Программирование базовых правил поведения (избегание столкновений, формирование структуры роя, движение к целевой точке).
4. Тестирование и анализ: Проведение симуляций с разными параметрами, оценка эффективности взаимодействия дронов.
5. Документирование результатов: Описание наблюдений, выявление проблем, возможные улучшения.

Заключение

Роевой интеллект беспилотников представляет собой перспективную область исследований, вдохновлённую природными системами. Современные технологии позволяют моделировать сложное поведение роя, что открывает новые возможности в различных сферах — от логистики до военных операций. Предложенный исследовательский проект позволит на практике изучить принципы работы роя и протестировать алгоритмы в виртуальной среде, что может стать основой для дальнейших разработок в данной области.

Список используемых источников:

1. Бронников А.М., Круглов С.П. Упрощённые условия адаптируемости системы управления с идентификатором и эталонной моделью // Автоматика и телемеханика. 1998. № 7. С. 107.
2. Пантелеев А.В., Евдокимова М.Д. Методы «роевого» интеллекта в задачах оптимизации параметров технических систем. // Научный вестник МГТУ ГА. 2017;20(2): 6-15.
3. Лебедев Б.К., Лебедев О.Б., Бесхмельнов М.И. Децентрализованное управление группой автономных подвижных объектов при формировании траектории движения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2024. № 6 (242). С. 177-190.

Оценка точности аппроксимации множеств достижимости линейной системы с геометрическими ограничениями при различных видах дискретизации

Вуксанович С.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.
МАИ, Москва

Одной из важных задач анализа в математической теории управления является построение множеств достижимости и управляемости. Например, при решении двухточечных задач, то есть с жесткими ограничениями на начальное и конечное состояние, необходимое и достаточное условие разрешимости сводится к принадлежности данных состояний множествам достижимости и управляемости соответственно.

С точки зрения практики наиболее эффективным методом построения множеств достижимости является дискретизация непрерывной динамической системы [1]. В контексте линейных систем данный подход позволяет большую часть соотношений получить явно, что связано с возможностью точного решения системы линейных дифференциальных уравнений [2]. Таким образом, применение дискретизации сводится к исследованию сходимости последовательности множеств достижимости вспомогательных дискретных систем к множеству достижимости исходной непрерывной системы.

Существенным недостатком большей части работ по данной тематике является предположение о кусочно-постоянной структуре управления [3,4]. При этом класс функций управления в непрерывной системе является значительно более широким. В данной работе исследуется скорость сходимости последовательности множеств достижимости дискретной системы в зависимости от выбранного типа дискретизации. Кроме классического кусочно-постоянного управления, допускаются также кусочно-линейные функции и «ломанные» (непрерывные сплайны первого порядка на каждом интервале дискретизации). Также решается задача явного описания эквивалентных дискретных систем для каждого из заданных классов управлений. Значимым результатом является описание всех конструкций в

терминах суммы Минковского, линейного преобразования компакта и расстояния Хаусдорфа, что делает возможным численную реализацию всех полученных математических соотношений.

Список используемых источников:

1. Мордухович Б.Ш. Методы аппроксимаций в задачах оптимизации и управления. М.: Наука, 1988.
2. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Мир, 1970.
3. Булаев В.В., Шориков А.Ф. Методика дискретизации линейных динамических систем // Итоги науки и техн. Современ. мат. и ее прил. Темат. обз. 2017.Т. 132. С. 20–23.
4. Зыков И.В. Приближённое вычисление множеств достижимости линейных управляемых систем при разнотипных ограничениях на управление // Известия Института математики и информатики Удмуртского государственного университета. 2022. Т. 60. С. 16–33.

Поиск оптимального пути в стохастической транспортной сети

Гаврилин М.Ю.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Иванов С.В.

МАИ, Москва

В работе рассматриваются различные постановки задачи оптимизации пути в стохастической транспортной сети. Транспортная сеть задаётся ориентированным графом, в котором каждое ребро имеет случайную стоимость. При этом все пути из пункта отправления в пункт назначения имеют одинаковую длину. Управление в данной задаче заключается в выборе пути между заданными узлами, а цель оптимизации состоит в минимизации суммарных затрат. Это может быть особенно полезно в различных приложениях, таких как логистика, транспортировка, сети связи и другие области, где необходимо учитывать расходы на перемещение ресурсов или информации.

Стоимости перемещений по ребрам моделируются дискретным распределением с конечным числом реализаций. С точки зрения наличия информации о стоимости перемещения рассматриваются две различные постановки: в первом случае стоимость становится известной во время выбора следующего пункта назначения, во втором случае стоимость становится известной только во время прибытия в каждый промежуточный пункт маршрута.

Была сформулирована задача с критерием в форме математического ожидания. Необходимо минимизировать математическое ожидание суммарных затрат перемещения по маршруту. Это значит, что выбирается такой путь, при котором средние затраты будут наименьшими. Задача была решена с помощью метода динамического программирования Беллмана [1].

В дополнение к критерию математического ожидания была также сформулирована задача с вероятностным критерием. В этой задаче необходимо максимизировать вероятность того, что суммарные затраты на пути не превысят заданный уровень. Это важно в ситуациях, когда превышение определённых затрат может привести к нежелательным последствиям, например, к потере прибыли или к штрафам за превышение бюджета. В случае дискретного распределения случайных факторов задача была сведена к эквивалентной задаче линейного программирования.

Список используемых источников:

1. A. Shapiro, D. Dentcheva, and A. Ruszczyński. Lectures on stochastic programming: modeling and theory. — SIAM, Philadelphia, 2014.

Поиск оптимальной стратегии замены оборудования на предприятиях

Голощумов М.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Смерчинская С.О.

МАИ, Москва

Рассматривается задача замены оборудования, которая состоит в определении оптимальной политики модернизации и замены оборудования, т.е. в определении последовательности замен, максимизирующей суммарную прибыль.

С данной задачей сталкиваются все индустрии в связи с изнашиванием и устареванием оборудования по сравнению с более современными моделями. Повышение производительности и снижение производственных затрат в какой-то момент компенсируют убытки от переоборудования, остановки производства и переподготовки кадров, однако не всегда это очевидно и может привести к лишним затратам.

Для формализации задачи в работе рассматривается одна машина, прослужившая уже 3 года, и процесс оптимизации её работы, длящийся 6 лет, позволяющий в начале каждого года заменить машину на новую или оставить старую. В качестве начальных условий требуются характеристики исходной машины, доходы и затраты на обслуживание новой на момент начала каждого года машины, затраты на замену оборудования и остаточная стоимость оборудования. Цель задачи – определить оптимальную стратегию замены оборудования для максимизации общего дохода, равного сумме доходов, полученных на каждом году работы.

Для решения задачи составляется общая таблица, включающая в себя все имеющиеся данные, и рассматривается семейство частных задач, оптимальным решением которых является замена оборудования на новое или оставление старого. Решив данную задачу для всех возможных положений начальной системы, можно определить оптимальную стратегию замены исходной машины.

Для решения задачи был реализован алгоритм с использованием языка программирования Python. Программа позволяет задать любые исходные данные с помощью таблицы и увидеть решения всех частных задач, из которых составляется оптимальная стратегия замены оборудования и максимальный доход, который можно получить. Работа программы и пошаговое применение алгоритма демонстрируется на примере.

Список используемых источников:

1. Рубчинский А.А. Методы и модели принятия управленческих решений. Учебник и практикум для академического бакалавриата // Юрайт, 2017, с. 158-168.
2. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н. Исследование операций в экономике // М.: ЮНИТИ, 2003, с. 265-272.
3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования // М.: Наука, 1965, с. 402.
4. Аксенова О.П., Аксенов К.А., Попов М.В., Неволина А.Л., Смолий Е.Ф. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА, ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ И ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7931> (дата обращения: 12.02.2025).

Абстрактивная суммаризация научных статей и анализ метрик оценки качества

Жарова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Виноградов В.И.

МАИ, Москва

В эпоху информационной перегрузки автоматическая суммаризация больших текстовых массивов становится все более востребованной задачей. Суммаризация предполагает получение сжатого изложения, в котором отражены важные факты и сохранена логика исходного документа. Подобные системы находят применение в различных областях, таких

как новостные агрегаторы, анализ научных публикаций и обработка юридической документации.

В настоящее время актуальность автоматической суммаризации обусловлена рядом ключевых факторов. Во-первых, неуклонно растет объем доступных текстовых данных, что обуславливает необходимость эффективной обработки постоянно увеличивающегося количества информации. Во-вторых, существует острая потребность в быстром извлечении ключевых сведений, позволяющая оперативно получать основные факты и выводы из объемных документов. Наконец, системы автоматической суммаризации находят широкое применение в самых разнообразных областях, от журналистики и новостных агрегаторов до науки и бизнес-аналитики, что подчеркивает их универсальность и востребованность.

В отличие от экстрактивных методов, которые выбирают готовые фрагменты текста из оригинала, абстрактивные модели генерируют новые фразы и предложения, что позволяет более гибко обобщать смысл. В данной работе представлена реализация нейронной сети для абстрактивной суммаризации научных статей и анализ различных метрик, используемых для оценки качества сгенерированных резюме.

В качестве исходного корпуса для суммаризации был использован датасет SciTLDLDR, содержащий научные статьи и их сокращённые резюме. Датасет разделен на три части: тренировочный (80% объёма), валидационный (10%), тестовый (10%). Для повышения качества модели были выполнены следующие процедуры предобработки: удаление лишних символов, HTML-тегов и неалфавитных знаков; токенизация текстов; удаление дубликатов; ограничение длины входного текста (до 512 токенов).

Для абстрактивной суммаризации была выбрана предобученная модель T5-base, представляющая собой архитектуру Encoder-Decoder с механизмом самовнимания (self-attention). Encoder обрабатывает входной текст, а Decoder генерирует выходную последовательность (summary). Модель T5 была выбрана благодаря ее доказанной эффективности в задачах генерации текста.

Для оценки качества сгенерированных резюме использовались следующие метрики: ROUGE (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation), BLEU (Bilingual Evaluation Understudy), METEOR (Metric for Evaluation of Translation with Explicit ORdering), BERTScore.

Анализ метрик ROUGE, BLEU, METEOR и BERTScore показал, что модель способна генерировать краткие, семантически релевантные резюме, несмотря на низкие значения метрик, основанных на лексическом совпадении.

Полученные результаты демонстрируют перспективность использования предобученных моделей для абстрактивной суммаризации научных текстов. Применение подобных решений может быть полезным для автоматического создания обзоров литературы, новостных агрегаторов и систем обработки больших объемов текстовой информации.

Список используемых источников:

1. Lin, Chin-Yew. ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries. WAS 2004, Barcelona, Spain, 2004.
2. Papineni, Kishore et al. BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. ACL, 2002.
3. Banerjee, Satanjeev; Lavie, Alon. METEOR: An Automatic Metric for MT Evaluation. ACL Workshop, 2005.
4. Zhang, Tianyi et al. BERTScore: Evaluating Text Generation with BERT. ICLR, 2020.

Траекторное управление движением объекта с подвижными препятствиями

Зверева Е.Л.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Бортаковский А.С.

МАИ, Москва

Рассматривается задача оптимального по быстродействию перемещения подвижного объекта из начального состояния в конечное, заданные по условию. В качестве математической модели движения используется машина Дубинса с ограниченной кривизной

траектории. На плоскости заранее определены запрещенные области (зоны), которые объект управления вынужден обходить.

Задача сводится к нахождению пути, минимизирующего время движения, при этом необходимо учитывать геометрические ограничения, связанные с формой и расположением этих областей. Запрещенные области моделируются простыми геометрическими фигурами, такими как круги или выпуклые многоугольники. Исследуются несколько допустимых по ограничениям траекторий, из которых в последствии выбирается оптимальный.

В работе рассматривается возможность построения оптимального пути для объектов, обладающие параметрами подвижности, которые влияют на создание и выбор кратчайшего маршрута. В качестве основного параметра манёвренности был выбран радиус поворота.

Для решения задачи был разработан алгоритм с использованием языка программирования Python. Программа позволяет наглядно продемонстрировать как начальное и конечное состояния объекта управления, так и промежуточные, вспомогательные и запрещенные области, кроме того, дает возможность просчитать и визуализировать оптимальную траекторию движения, минимизируя время перемещения, выполняет численную оптимизацию допустимых поворотов машины Дубинса. Эффективность алгоритма демонстрируется на примерах с разными запрещенными зонами.

Список используемых источников:

1. Бортаковский А.С., Урюпин И.В. Оптимизация маршрутов непрерывно-дискретного движения управляемых объектов при наличии препятствий // Труды МАИ, 2020, № 113, <http://trudymai.ru/published.php?ID=118185>.
2. Лю В. Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) // Математика и математическое моделирование. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-planirovaniya-puti-v-srede-s-prepyatatstviyami-obzor>.
3. Бортаковский А.С., Оптимальные по быстродействию траектории плоского движения с неограниченной кривизной // Изв. РАН. ТиСУ, 2022, №4, с. 38–48.
4. Бердышев Ю.И. Об оптимальном по быстродействию управлении обобщенной машиной Дубинса // Тр. ИММ УрО РАН. 2016. Т. 22. № 1. С. 26–35.

Оптимизация маневров довыведения космического аппарата на высокоэнергетические орбиты с применением двигательной установки малой тяги

Коломиец Е.С.

Научный руководитель — к.т.н. Кирилук Е.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Электрореактивные двигательные установки (ЭРДУ) начали активно использоваться с 1990-х годов в задачах довыведения КА на целевые орбиты. За последние десятилетия было реализовано множество успешных миссий, опирающихся на схему Спитцера [1]. Дальнейшее развитие применения ЭРДУ в качестве основной маршевой двигательной установки может повлечь за собой необходимость использования более сложных законов управления движением.

В работе рассматривается задача оптимизации траектории довыведения космического аппарата (КА) с двигательной установкой малой тяги (ЭРДУ) на примере некомпланарных перелетов между высокими эллиптическими орбитами (ВЭО) и перелётов с ВЭО на ГСО. Критерий оптимальности – минимальные затраты рабочего тела. Задача оптимального управления решается с использованием принципа максимума Понтрягина: сводится к краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

Для решения краевой задачи предложено применение метода внутренней точки, предназначенного для решения оптимизационных задач с ограничениями типа «равенство» или «неравенство» [3], но в данной работе используемого исключительно для определения неизвестных параметров краевой задачи принципа максимума. Для уменьшения неустойчивости системы ОДУ в ряде работ с ЭРДУ предложено использование гомотопии

между задачей с ограниченной мощностью (ОМ) и ограниченной тягой (ОТ) [2], в данной работе задача решалась в постановке ОТ.

Для перелета КА между ВЗО получено решение задачи оптимального быстрогодействия, проведен анализ влияния параметров опорной орбиты перелета на характеристики траектории перелета. Перелет КА на ГСО осуществлялся с ограничением на время перелета. Для каждого из значений ограничения на время перелета с помощью метода внутренней точки был получен ряд локально-оптимальных решений для разных значений угловой дальности перелета, с помощью которого находилось глобально-оптимальное решение.

Список используемых источников:

1. Петухов В. Г. Оптимизация траекторий космических аппаратов с электроракетными двигателями установками методом продолжения. Дис. ... д-ра техн. наук. Москва; МАИ., 2013, 343 с.

2. Николичев И.А. Оптимизация многовиткового межорбитального перелета космического аппарата с электроракетной двигательной установкой с учетом действия возмущений. Дис. ... д-ра техн. наук. Москва; МАИ., 2017, 283 с.

3. Миссия к Марсу на базе универсальной малогабаритной платформы с ЭРДУ / М.Ю. Овчинников [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2024. № 44. 32 с.

Оптимальное управление квадрокоптером с учетом динамических и терминальных ограничений

Коровов М.Е.

Научный руководитель — профессор, д.ф-м.н. Пантелеев А.В.
МАИ, Москва

С развитием технологий и ростом интереса к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) квадрокоптеры стали неотъемлемой частью множества областей, таких как доставка, геодезия, картография, мониторинг окружающей среды. Эти устройства привлекают внимание благодаря своей маневренности, способности стабильно летать и выполнять задачи в различных условиях.

Целью исследования является разработка и анализ методов оптимального управления квадрокоптером с учетом динамических ограничений, заданных начальных и терминальных условий. В докладе рассматривается минимизация функционала Больца, который отражает требования учета фазовых ограничений и терминальных условий. Решается задача нахождения оптимального кусочно-постоянного управления и построения оптимальной траектории квадрокоптера. Для поиска оптимального управления применяются метаэвристические алгоритмы глобальной оптимизации.

Проведенные численные эксперименты демонстрируют эффективность предложенного подхода. Разработанный метод позволяет достигать высокой точности выполнения терминальных ограничений и учитывать сложные пространственные ограничения, такие как цилиндрические и сферические области.

Список используемых источников:

1. Пантелеев А. В., Бортакровский А. С. Теория управления в примерах и задачах. М.: изд-во Высшая школа, 2003.

2. Пантелеев А. В., Летова Т. А. Методы оптимизации в примерах и задачах. М.: изд-во Высшая школа, 2008.

3. Zhou, W.; Zhang, S.; Hu, X.; Zong, F. Rapid Optimization of Active Disturbance Rejection Controller Parameters for Quadrotor UAVs Using Kriging Surrogate Modeling. Drones 2024, 8, 658.

Сравнительный анализ программных решений извлечения метаданных из текста научных публикаций

Кузнецов И.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Новиков О.П.

РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

Извлечение метаданных из научных публикаций используется для анализа предметной области, составления выборок статей по определенному признаку, и для других задач. В силу постоянно растущего количества научных публикаций актуально автоматизированное извлечение метаданных.

Существует ряд различных программных решений, позволяющих извлекать метаданные из документов в формате PDF и специализирующихся на работе непосредственно с научными публикациями. Эти программы позволяют извлекать такие метаданные, как название, аннотация, авторы и т.д., а также библиографические списки. Решений различаются как по набору извлекаемых метаданных, так и по принципам, лежащим в основе их методов извлечения. Широко используются методы на основе различных алгоритмов машинного обучения [1-2], а также на основе правил, эвристики, и т.д. [3]. Эти решения различаются по качеству извлечения метаданных, в том числе в зависимости от типа метаданных, что важно учитывать в рамках решения конкретной задачи извлечения [4]. Был рассмотрен ряд находящихся в открытом доступе решений: CERMINE, GROBID, ParsCit, Neural-ParsCit, PDFX, ScientificPdfParser, Science Parse, SPv2. После изучения их характеристик был произведен отбор решений для эксперимента по сравнению показателей качества извлечения метаданных, основными критериями служило наличие открытого исходного кода и возможность извлекать ряд определенных метаданных. Были отобраны три решения: CERMINE, GROBID, и ScientificPdfParser.

В рамках исследования было принято решение использовать данные из открытых источников для сравнения с результатами работы программ по извлечению метаданных. В качестве такого источника был выбран Semantic Scholar. При формировании набора статей и метаданных публикации были разделены на 23 предметные области, чтобы рассмотреть возможность зависимости качества извлечения от принадлежности публикации к конкретной предметной области. Был сформирован набор из 112 457 документов и соответствующих им метаданных. В качестве извлекаемых метаданных выступали название, аннотация, дата публикации и список имен авторов публикации.

Было проведено извлечение метаданных с использованием трех программных решений и сравнение с ранее полученным набором метаданных. Для оценки правильности извлечения строк использовались: мера сходства Левенштейна для названия и аннотация, мера сходства Джаро-Винклера для даты публикации и имен авторов. Итоговым показателем качества извлечения служила F1-мера, рассчитанная на основании указанных мер сходства. Показатели качества были рассчитаны для четырех типов метаданных, отдельно для 23 предметных областей, к которым принадлежали публикации. Полученные данные могут быть использованы в задаче выбора программного решения для извлечения метаданных, поскольку качество извлечения метаданных относительно конкретной предметной области может являться важным критерием в условиях конкретной задачи.

Список используемых источников:

1. Safder I. et al. Deep learning-based extraction of algorithmic metadata in full-text scholarly documents //Information processing & management. 2020. V. 57. № 6. P. 102269.
2. Färber M., Albers A., Schüber F. Identifying used methods and datasets in scientific publications //SDU@ AAAI. 2021.
3. Suryawati E., Widiantoro D. H. Combination of heuristic, rule-based and machine learning for bibliography extraction //2017 5th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME). 2017. P. 276-281.
4. Meuschke N. et al. A benchmark of pdf information extraction tools using a multi-task and multi-domain evaluation framework for academic documents //International Conference on Information. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. P. 383-405.

Математическое и компьютерное моделирование управляемой динамики робота дельта при неполной информации

Лебедеко А.В.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Красинский А.Я.

МАИ, Москва

На сегодняшний день, в каждом достаточно крупном производстве в модельном ряде промышленных роботов присутствуют дельта роботы. Благодаря высокой скорости работы, дельта роботы широко применяются для разного рода работ, требующих быстроты и точности. Например, упаковка и сортировка различных видов продукции в разных отраслях. А также роботы дельта могут использоваться в медицинских целях, для проведения операций. Такие роботы имеют широкий диапазон грузоподъемности (в среднем от 1 до 12ти килограмм), что позволяет выполнять большой диапазон задач.

Один из наиболее важных этапов исследования любого технического устройства, которое имеет в своём составе механическую компоненту – это построение математической модели, которая описывает динамику механических систем и позволяет построить оптимальное управление. В нашем случае рассматривается голономная система с геометрическими связями, которые накладывают ограничения на вариации координат. Целью данной работы является построение полностью аналитической математической и компьютерной модели дельта робота, как системы с геометрическими связями, и нахождение управления для стабилизации системы. В большинстве случаев, сталкиваясь с моделированием динамики такого рода систем, применяются уравнения Лагранжа с множителями связи. Однако, в задаче, рассматриваемой нами в данной работе, нельзя использовать уравнения Лагранжа второго рода из-за ограничений, накладываемых геометрическими связями. В нашем случае, для решения задачи были выбраны уравнения в форме М.Ф. Шульгина, что позволило нам построить адекватную модель, учитывающую нелинейность связей, но имеет меньшую размерность по сравнению с уравнениями Лагранжа со множителями связи. Также следует отметить, что устойчивость положений равновесия мехатронных систем с нелинейными геометрическими связями возможна только в критических случаях. Число нулевых корней системы первого приближения в окрестности положения равновесия не менее чем число геометрических связей. Выделив первое приближение системы, сделали замену Айзермана-Гантмахера для выделения критической переменной, и выделили управляемую линейную подсистему, по которой нашли стабилизирующее управление. На полученных графиках мы видим, что они стремятся к нулю. Следовательно, мы можем сделать вывод об асимптотической устойчивости системы.

Далее мы рассмотрели ту же систему при неполной информации, так как трудно предположить, что в большинстве практических ситуаций все внутренние переменные объекта могут быть измерены и получены в качестве выходных величин. В действительности нам всегда следует представлять себе состояние объекта как некоторую абстрактную величину, описывающую недостижимые переменные внутри объекта. Однако, так как, построенная нами модель полностью аналитическая, то она позволяет нам рассмотреть возможность решения поставленной задачи при неполной информации. Проверив критерии управляемости, вычислив все необходимые параметры для системы с неполной информацией и построив управление, мы также видим асимптотическую устойчивость системы.

Список используемых источников:

1. Шульгин М.Ф. О некоторых дифференциальных уравнениях аналитической динамики и их интегрировании. / М.Ф. Шульгин // Научные труды САГУ. – Ташкент. 1958 г. 183 с.
2. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. Наука Москва, 1952.
3. E. Krasinskaya, A. Krasinskiy On the application of the analytical mechanics and nonlinear stability theory for stabilization problems of mechatronic systems. CCMECH7, 2011, Moscow-Sedlce. c. 54-55.

Интеллектуальное приложение программно-аппаратного комплекса процесса получения оксидных покрытий, применяемых в авиационно-космической промышленности

Максов А.А., Мельников О.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Печерская Е.А.
ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза

Покрытия, формируемые на металлах вентильной группы методом микродугового оксидирования (МДО), находят широкое применение в технике и изделиях авиакосмоса. С целью повышения качества и эксплуатационных характеристик получаемых покрытий, а также снижение экономических затрат на разработку новых технологических режимов, необходимо интегрировать в состав программно-аппаратного комплекса [1] технологического процесса современные технологии и «умные» алгоритмы обработки измерительной информации.

Разработано интеллектуальное приложение (ИП), которое включает три подпрограммы: оптимизации [2], идентификации [3] и визуализации. Первая подпрограмма осуществляет выбор оптимальных параметров технологического режима, наиболее близких к требуемым, основываясь на имеющейся информации из соответствующих баз данных (БД). Вторая подпрограмма, в ходе выполнения своей работы, выделяет параметры электрической схемы замещения гальванической ячейки (сопротивление и емкость покрытия) на основе экспериментально измеренных вольт-амперных характеристик гальванической ячейки для выбранного оптимального технологического режима, взятых из БД, методом параметрической идентификации. Последняя подпрограмма позволяет с помощью параметров, полученных предыдущей подпрограммой, смоделировать изменение ВАХ гальванической ячейки для получения требуемых характеристик покрытия на всем интервале МДО-обработки, определить отклонение экспериментальных данных от расчетной вольт-амперной кривой и подать соответствующее управляющее воздействие на источник технологического тока (ИТТ) для минимизации этого отклонения. Таким образом реализуется программная обратная связь (ПОС).

Предложен алгоритм программного обеспечения программно-аппаратного комплекса МДО-процесса, который может функционировать в нескольких режимах:

1. Режим экспериментальных исследований (необходимо ввести параметры технологического процесса).

2. Режим управляемого синтеза, при котором пользователь интеллектуального приложения вводит требуемые характеристики МДО-покрытия. Затем приложение проверяет введенные пользователем параметры на соответствие: если введенные параметры достижимы, то программа определяет оптимальные технологические параметры МДО-процесса на основе имеющихся данных, расположенных в соответствующей БД; если нет, то алгоритм ИП возвращает пользователя на два шага назад, к выбору другого режима работы ПО программно-аппаратного комплекса.

После того, как будет выполнен один из предложенных режимов работы ПО программно-аппаратного комплекса, интеллектуальное приложение проверит готовность пользователя (да – продолжит работу, нет – отключит ИТТ), а также имеющийся электролит на соответствие (да – продолжит работу, нет – отключит ИТТ и попросит заменить электролит). Затем программа откалибрует измерительные каналы импеданса и запустит процесс оксидирования. ПО программно-аппаратного комплекса измеряет N значений тока и напряжения. Затем по имеющимся данным происходит построение формовочных кривых, ВАХ и их моделирование, основываясь на параметрической идентификации электрической схемы замещения гальванической ячейки. Программа самостоятельно определит отклонения ВАХ (если получаемые данные соответствуют ожиданиям оператора МДО-установки, то процесс обработки продолжится; если нет – то программа скорректирует управляющий сигнал, поступающий с ИТТ). Параллельно с измерениями тока и напряжения, косвенно измеряются N значений комплексной проводимости гальванической ячейки, по которой

определяются временные зависимости толщины МДО-покрытия. Полученные данные сохраняются и заносятся в БД ПО программно-аппаратного комплекса.

Обмен информацией между ПО микроконтроллера, серверным ПО, ИП и клиентским ПО осуществляется с помощью пакетов данных. Измерительные каналы отправляют аналоговые сигналы на вход микроконтроллера, где они обрабатываются. ПО микроконтроллера, в зависимости от полученных пакетов данных, может корректировать ток на ИТТ. Наличие ИП позволяет реализовать программную обратную связь, при которой ИТТ может изменять режим оксидирования в зависимости от состояния покрытия в данный момент времени с учетом требуемых целевых характеристик покрытия.

Использование современных алгоритмов и автоматизации в составе программно-аппаратного комплекса процесса получения оксидных покрытий в авиационно-космической промышленности, позволит повысить качество, эксплуатационные характеристики, снизить экономические затраты на разработку новых технологических режимов.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект «Фундаментальные основы цифрового двойника технологического процесса формирования оксидных покрытий с заданными свойствами методом микродугового оксидирования», № 123091800009-1.

Список используемых источников:

1. Максов А. А., Печерская Е. А. и др. Структура системы поддержки принятия решений в процессе получения микродуговых оксидных покрытий // ИМУК. 2024. № 3. С. 47–53.
2. Печерская Е.А., Максов А.А. и др. Выбор технологических режимов для получения микродуговых оксидных покрытий с заданными свойствами // НМСТ. 2024. Т. 26. № 1. С. 33-37.
3. Печерская Е.А. и др. // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. Пенза, 2018. С. 245-248.
4. Печерская Е.А. // Университетское образование. 2011. С. 436-438.

Разработка финансового трекера для ведения бюджета

Менчиков А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лунева С.Ю.

МАИ, Москва

Эффективное управление личными и групповыми финансами очень важно в современном мире, где люди ежедневно совершают множество финансовых операций. Многим людям сложно отслеживать свои расходы, классифицировать операции и анализировать свои траты. В рамках данного проекта разрабатывается финансовый трекер, который автоматически классифицирует транзакции, помогает контролировать расходы и предоставляет полезную финансовую аналитику. Система построена на основе микросервисной архитектуры, что делает её гибкой, масштабируемой и удобной в обслуживании.

Приложение состоит из четырех основных сервисов («Эврика», «Оркестратор», «Telegram-бот» и «Распознаватель»), каждый из которых выполняет определенную задачу. Сервис «Эврика» помогает различным сервисам взаимодействовать друг с другом и отслеживать их статусы. «Оркестратор» отвечает за управление транзакциями и аккаунтами, сохраняя при этом целостность данных. «Telegram-бот» предоставляет пользователям простой способ взаимодействия с финансовым трекером через Telegram. Этот сервис позволяет пользователям быстро вводить транзакции и даже использовать голосовые сообщения для их добавления. «Распознаватель» отвечает за определение категорий транзакций. Он может использовать различные методы определения транзакций, включая полнотекстовый поиск, алгоритм расстояния Левенштейна и нейронную сеть. Этот сервис помогает автоматически классифицировать транзакции, сокращая необходимость в ручном вводе данных.

Финансовый трекер обладает рядом важных функций. Он поддерживает автоматическую классификацию транзакций, что упрощает учет расходов. Встроенная система управления транзакциями позволяет фильтровать и редактировать записи,

обеспечивая удобство организации финансов. Возможность создания группового аккаунта дает нескольким пользователям совместный доступ к финансам. Аналитические инструменты помогают выявлять финансовые привычки и принимать обоснованные решения. Внедрение нейронной сети повысило точность классификации транзакций, а поддержка голосового ввода упростила процесс добавления данных.

Использование архитектуры микросервисов обеспечивает модульность, масштабируемость и высокую производительность финансового трекера. Добавление машинного обучения, распознавания голоса и простого интерфейса Telegram делает систему более удобной для пользователя. Этот проект показывает, как автоматизация может улучшить управление личными финансами, и обеспечивает прочную основу для будущих улучшений. В будущем новые функции могут включать предиктивное бюджетирование, улучшенную поддержку нескольких пользователей и усовершенствованное распознавание транзакций. Приложение предлагает современный и интеллектуальный способ отслеживания расходов, помогая отдельным людям и группам легче управлять своими финансами.

Список используемых источников:

1. Мартин Фаулер Микросервисы: определение этого нового архитектурного термина. URL: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> (дата обращения: 24.01.2025).
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.

Разработка алгоритмического и программного обеспечения модификаций метаэвристических алгоритмов для задач бинарной оптимизации

Милютин С.А.

Научный руководитель — профессор, к.ф.-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

Рассматривается применение модификаций метаэвристических методов глобальной оптимизации к задачам бинарной оптимизации. Были разработаны и протестированы бинарные модификации следующих методов: метода роя пчёл (ABC), метода, имитирующего поведение стаи саранчи (GOA), метода случайного поиска с последовательной редукцией области исследования (LUUS-JAAKOLA) и метода имитации отжига (SA). Для того, чтобы методы были применимы к задачам бинарной бинаризации, в них интегрируется двухэтапный процесс бинаризации.

Задача бинаризации заключается в преобразовании исходной непрерывной области поиска в дискретное бинарное пространство. На первом шаге двухэтапного процесса бинаризации значения, генерируемые непрерывными методами оптимизации, ставятся в соответствие некоторым числам из интервала от 0 до 1, используя различные временно-настраиваемые передаточные функции. На втором шаге процесса происходит преобразование полученного вещественного числа в бинарное значение по установленному правилу бинаризации.

Разработанные модификации были протестированы на ряде классических бинарных функций с известным точным решением, и на основе результатов тестирования были подобраны наиболее эффективные комбинации передаточных функций и правил бинаризации для каждого из рассматриваемых алгоритмов.

Проведен сравнительный анализ и оценка эффективности бинарных модификаций всех рассматриваемых метаэвристических алгоритмов (ABC, GOA, LUUS-JAAKOLA, SA). Для

этого подготовлено алгоритмическое и программное обеспечение. Разработанная программа написана на языке Python. Она позволяет настраивать передаточные функции и другие параметры методов. По результатам проведенного тестирования выработаны рекомендации по выбору наиболее подходящих передаточных функций и подбору других параметров для решения типовых задач оптимизации и прикладной экономической задачи.

Список используемых источников:

1. Пантелеев А. В., Милютин С. А. Оптимизация инвестиционного портфеля бинарным методом роя пчел // *Моделирование и анализ данных*. – 2024. – Т. 14. – №. 3. – С. 87-104.
2. Пантелеев А.В., Скавинская Д.В. Метаэвристические стратегии и алгоритмы глобальной оптимизации. – М.: Факториал, 2023.
3. Lemus-Romani J. et al. Binarization of Metaheuristics: Is the Transfer Function Really Important? // *Biomimetics*. – 2023. – Vol. 8. – №. 5 – 400.
4. Macedo M. et al. Overview on binary optimization using swarm-inspired algorithms // *IEEE Access*. – 2021. – Vol. 9. – P. 149814-149858.

Эйлеровы и нечеткие графы в задаче визуализации и построения телекоммуникационной сети

Митюшина Е.В.

Научный руководитель — доцент, Смерчинская С.О.

МАИ, Москва

В современном мире сложно представить жизнь без телекоммуникаций и систем передачи данных. Данные технологии стали неотъемлемой частью практически всех сфер человеческой деятельности: от телевидения и радиовещания до спутниковой связи, цифровой телефонии, глобальной сети Интернет и множества других научно-технических направлений.

Бурное развитие и повсеместное внедрение сетей связи поставили перед специалистами задачу визуализации их структуры и анализа информационных потоков. Однако данные о сетях часто хранятся в объемных базах, что затрудняет понимание полной картины передачи сигналов по сетевым трактам. Одним из эффективных инструментов для наглядного представления таких систем являются графы, в частности, графы Эйлера. Данные математические конструкции активно применяются в информатике, физике, коммуникационных технологиях, экономике и других областях, где анализ взаимосвязей между объектами играет ключевую роль.

Эйлеров граф позволяет моделировать задачи, связанные с дискретным расположением объектов, акцентируя внимание не на их внутренних свойствах, а на связях между ними. При этом Эйлеров цикл предлагает оптимальное решение с точки зрения минимизации затрат информационных ресурсов. [1]

Учитывая актуальность проблемы, цель данной работы заключается в создании программы на языке Python для визуализации телекоммуникационной сети в виде графа. В основе программы будет лежать алгоритм построения всех возможных трактов сети с использованием Эйлера цикла и пути. [3] Программа будет оснащена пользовательским интерфейсом, позволяющим загружать данные из текстового файла на основе таблицы Excel, сохранять визуализированную сеть в формате PNG, а также экспортировать полный путь в формате TXT.

Кроме того, предлагается расширить существующую базу данных, добавив такие параметры, как длина каждого тракта, вероятность существования связи между ними, а также ввести понятие нечеткого графа.

Нечеткий граф — это обобщение классического графа, где вершины и ребра могут иметь степени принадлежности, выраженные значениями от 0 до 1. Это позволяет учитывать неопределенность или нечеткость в отношениях между элементами сети.

После повторной визуализации телекоммуникационной сети в виде графа, программа построит оргграф с указанием длин дуг. На основе этого графа будет сформирована матрица смежности, а затем — матрица расстояний, что позволит определить центр нечеткого графа.

Центр нечеткого графа — это вершина, которая является наиболее "близкой" ко всем остальным вершинам с учетом нечеткости связей. Нахождение такого центра позволит оптимизировать размещение ключевых узлов сети, улучшить распределение информационных ресурсов и моделировать сложные сетевые структуры.

Разработанная программа, способная находить центр нечеткого графа и визуализировать телекоммуникационные сети, станет полезным инструментом для инженеров. Она поможет принимать обоснованные решения при проектировании сетей и оптимизировать передачу данных между трактами.

Список используемых источников:

1. Элементы теории графов: учеб. пособие / Л.Н. Домнин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2020. – 144 с.
2. Нефедов В.Н., Осипова В.А. Курс дискретной математики: Учеб. Пособие. — М.: Изд-во МАИ, 1992. – С. 180-203.
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1980.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств (Радио и связь, М., 1982).

Анализ методов оптимальной ориентации эллипсоидального множества при решении задачи аппроксимации

Могилевцев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждается задача внутренней суперэллипсоидальной аппроксимации выпуклых компактных тел. В качестве критерия качества рассматривается мера Лебега. На практике такой подход применяется, например, для сглаживания множеств ограничений в задачах оптимального управления. Это может быть существенно при использовании дискретного принципа максимума для формирования оптимальных процессов, поскольку одним из условий его применимости является возможность однозначного вычисления оптимального управления как опорной точки множества геометрических ограничений на управление. Для случая не строго выпуклых ограничений это оказывается невозможным.

Известен эвристический метод, позволяющий свести задачу суперэллипсоидальной аппроксимации выпуклого тела к задаче математического программирования с квазивыпуклой критериальной функцией [1–2]. Суть метода заключается в вычислении тензора инерции выпуклого тела и использовании его собственных векторов в качестве ортогонального базиса для ориентации вписанного суперэллипса. В ранее опубликованных работах этот подход показал высокую эффективность, однако вопрос строгой оптимальности таких оценок не исследовался. В докладе обсуждается близость аппроксимаций, построенных с помощью эвристического метода, к оптимальным. Сравнение производится для двухмерных и трёхмерных примеров.

В двухмерном случае для определения оптимальной ориентации суперэллипса используется перебор по полярному углу с заданным шагом, соответствующее линейное преобразование задается как матрица поворота. В трёхмерном случае задача усложняется необходимостью перебора трёх углов Эйлера для поиска ориентации. Также учтена возможность смещения центра суперэллипса. Дополнительно рассмотрен сдвиг в центр масс и в чебышевский центр, которые вычисляются численно. Для несимметричных выпуклых тел такой сдвиг играет важную роль, поскольку при правильном выборе центра аппроксимация оказывается точнее. В численных экспериментах сравнение производится на наборе случайным образом сгенерированных многогранников.

Показано, что эвристический метод не гарантирует оптимальности. Однако результаты численных экспериментов демонстрируют, что полученные с его помощью оценки весьма близки к оптимальным. При этом он выигрывает в вычислительном плане, поскольку при росте размерности полный перебор становится крайне затратным, тогда как эвристический метод сохраняет практическую применимость.

Список используемых источников:

1. 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.

2. Подгорная В.М. О субоптимальном решении задачи быстродействия для линейной дискретной системы в случае несимметричных ограничений на управления // *Моделирование и анализ данных*. 2024. Т. 14. № 3. С. 63–86.

Об оптимальности гарантирующего решения в задаче быстродействия для линейных дискретных систем с суммарными ограничениями на управление

Мохначева А.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

Рассматривается задача быстродействия для линейной стационарной системы с дискретным временем при суммарных ограничениях на управление первого порядка. Управляющее воздействие оценивается с точки зрения расхода общего ресурса, который вычисляется как функционал Минковского, определенного на компактном выпуклом ценовом множестве. Подобные ограничения могут отражать, например, предельные запасы топлива или допустимые уровни энергопотребления управляемого объекта.

Основой метода решения задачи является концепция множеств 0-управляемости – совокупности начальных состояний, из которых система может быть переведена в исходное положение за фиксированное конечное число шагов. Согласно определению, каждое такое множество представляет собой множество уровня функции будущих потерь в методе динамического программирования. Этот факт позволяет сформулировать критерий оптимальности по быстродействию управления в позиционной форме. Доказано, что каждое множество 0-управляемости представимо в виде выпуклой оболочки объединения линейных преобразований ценового множества. Следовательно, рассматриваемые множества представляют собой многогранники. В результате, при изначально линейных ограничениях на ресурсы, задача оптимизации сводится к последовательности задач линейного программирования.

Проведение предварительной внутренней полиэдральной аппроксимации произвольного выпуклого ценового множества позволяет построить гарантирующий процесс, используя аналогичный подход. Точность полученного таким образом решения оценивается с помощью внешней полиэдральной аппроксимации. Доказано, что при выборе аппроксимационного алгоритма, обладающего сходимостью в метрике Хаусдорфа, гарантирующее решение также сходится к оптимальному за конечное число итераций для большинства начальных состояний. Исключение составляют начальные состояния, расположенные на границе множеств 0-управляемости. Полученные результаты обобщают метод, изложенный в [1].

Для подтверждения теоретических выводов проведены численные эксперименты: для ряда систем построены множества 0-управляемости, реализован алгоритм сближающихся многогранников [2], а также рассчитаны оптимальные управляющие процессы для различных типов ограничений на основе разработанного метода.

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 // *АиТ*. 2021. № 12. С. 48–72. DOI: 10.31857/S0005231021120047.

2. Каменев Г.К. Численное исследование эффективности методов полиэдральной аппроксимации выпуклых тел. М.: Вычислительный центр РАН, 2010. 119 с.

Применение метаэвристических алгоритмов оптимизации в задаче проектирования профиля крыла трансзвукового самолёта

Надоров И.С.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.
МАИ, Москва

Существуют различные подходы к проектированию профиля крыла. В работе [1] предлагается метод описания теоретического контура агрегатов планера самолета, получивший название CST. При этом используется представление с помощью многочленов Бернштейна с неопределёнными коэффициентами, подлежащими нахождению.

Другим достаточно распространенным способом параметризации описания профиля является PARSEC [2]. В нем требуется нахождение 11 интуитивных параметров для описания профиля.

Ранее для нахождения неизвестных параметров использовались следующие методы оптимизации: методы первого и второго порядка, а также метод частиц в стае совместно с процедурой линейного поиска, генетический алгоритм [3].

В данной работе для описания формы профиля крыла применена прямоугольная система координат с началом в передней точке хорды. Профиль крыла описан многочленами Бернштейна. В качестве исходного профиля принят трансзвуковой RAE 5213. При изменении положения характерных точек по ортогональному к хорде направлению изменяются значения интегральных аэродинамических характеристик. По заданным проектировщиком ограничениям на положения опорных точек поставлена задача параметрической оптимизации с параллелепипедными ограничениями, в которой требуется найти такие опорные точки профиля, чтобы достигалось минимальное значение целевой функции. Значение целевой функции отражает степень удалённости значений интегральных аэродинамических характеристик: максимальное значение аэродинамического качества и наименее выгодное значение коэффициента подъёмной силы – от заданного проектировщиком диапазона.

Для определения интегральных аэродинамических характеристик использовался программный пакет, реализующий процедуру решения уравнения Навье–Стокса. После определения аэродинамических характеристик вычисляется целевая функция и выполняются шаги метода оптимизации.

Для решения задачи параметрической оптимизации использовался метаэвристический метод имитации поведения стаи мотыльков [4]. В качестве условий окончания процедуры оптимизации использовались: максимальное число итераций, условие непревышения модуля разности значений целевой функции на соседних итерациях заданного порога. В качестве входной информации методу оптимизации передается матрица-столбец, содержащая значения координат характерных точек профиля.

В результате решения задачи параметрической оптимизации получены профили, удовлетворяющие требованиям проектировщика с точки зрения аэродинамических характеристик.

Список используемых источников:

1. Kulfan B.M., Bussolletti J.E. "Fundamental" parametric geometry representations for aircraft component shapes. 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference: The Modeling and Simulation Frontier for Multidisciplinary Design Optimization. 6 - 8 September 2006. Portsmouth, Virginia. AIAA--2006-6948.
2. Sobieczky H. Parametric airfoils and wings. Notes on Numerical Fluid Mechanics. 1998. V. 68, Vieweg Verlag, P. 71–87.
3. Akram M.T., Kim M.-H. Aerodynamic shape optimization of NREL S809 airfoil for wind turbine blades using Reynolds-Averaged Navier Stokes Model — Part II. Appl. Sci. 2021. V. 11, 2211. <https://doi.org/10.3390/app11052211>.
4. Mirjalili S. Moth-flame optimization algorithm: A novel nature-inspired heuristic paradigm. Knowledge-Based Systems. 2015. V. 89. P. 228–249.

Оптимизация расхода топлива и угла атаки на маршевом участке полета ракеты класса «воздух-воздух» с прямоточным воздушно-реактивным двигателем

Олексюк Н.С.

Научный руководитель — к.т.н. Гуляев К.А.

ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого», Москва

Управляемые ракеты класса «воздух-воздух» средней дальности являются важной частью авиационных комплексов, влияющую на их боевую эффективность и конкурентоспособность на мировом рынке вооружений, поэтому в задача повышения энергетических характеристик ракет является актуальной в наше время.

Одним из вариантов решения вышеописанной задачи является использование различных видов двигательной установки, таких как многоимпульсные твердотопливные ракетные двигатели или прямоточные воздушно-реактивные двигатели.

На данный момент возможность использования прямоточных воздушно-реактивных двигателей в качестве двигательной установки для ракет класса «воздух-воздух» является перспективным направлением исследований за счет:

- Высокой экономичности топлива, вследствие использования заборного воздуха в качестве рабочего тела и окислителя одновременно, благодаря чему при одинаковых энергобаллистических характеристиках с ракетами класса «воздух-воздух», использующими твердотопливный двигатель, ракеты с прямоточным двигателем имеют более компактные массогабаритные характеристики.

- Более длительной работы двигательной установки, обеспечивающую повышения зоны эффективного перехвата целей, при их активном маневрировании за счет поддержания высокой средней скорости полета.

В рамках научно-исследовательских работ, направленных на формирование облика ракеты одним из этапов, является этап баллистического проектирования, на котором при известных весовых параметрах и аэродинамических характеристиках ракеты производится определение режимов работы двигательной установки и построение оптимальных траекторий.

В данной работе была рассмотрена задача определения такого закона изменения угла атаки и подачи топлива, который обеспечивает минимальное время полета их начальной точки в конечную.

В качестве математической модели в данной работе рассмотрена система из пяти дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих движение центра масс без скольжения в вертикальной плоскости, в скоростной системе координат.

Система содержит 7 переменных — пять функций состояния (скорость, угол наклона траектории, высота, дальность отлета и изменение массы) и две управляющие функции — это угол атаки и расход топлива.

В рамках решения поставленной задачи будет исследоваться только маршевый участок полета с работающим ПВРД.

Для решения поставленной задачи используется условие оптимальности управления в форме принципа минимума Л.С. Понтрягина.

В качестве критерия оптимизации рассмотрен критерий оптимальности по быстройдействию.

В начальной точке заданы координаты, начальная масса, скорость и начальный угол траектории.

В конечной точке задана конечная масса, конечная скорость значения остальных переменных будут найдены из условий трансверсальности.

Для определения программы оптимального управления, минимизирующего время перехода, решается двухточечная краевая задача в виде системы канонических уравнений, состоящей из системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих объект управления и сопряженной системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

Результатом работы является формирование алгоритма оптимального управления, который позволяет:

- определить значения управляющих переменных, необходимых для построения оптимальных траекторий;
- оценить влияние аэродинамических и массовых характеристик ракеты на дальность полета и расход топлива.

Список используемых источников:

1. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами. Учебное пособие. Громов Ю.Ю.; Земский Н.А.; Лагутин А.В.; Иванова О.Г.; Тютюник В.М.; Издательско-полиграфический центр Тамбовского государственного технического университета.

2. Малышев В.В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления: Учебное пособие. – М.:Изд-во МАИ ПРИНТ, 2020. – 440 с.; ил.

3. Брайсон, Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. – М.:Изд-во «МИР», 1972.

4. Артемов О.А. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (расчет характеристик): Монография. – М.:Компания Спутник +, 2006. – 374с.

Разработка комплексного алгоритмического и программного обеспечений для задач многокритериальной оптимизации

Попова Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.ф-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

Оптимизация – это процесс нахождения наилучшего значения (минимума или максимума) целевой функции в определенной области конечномерного векторного пространства. Эта область ограничена набором линейных и/или нелинейных уравнений и/или неравенств. Часто встает задача многокритериальной оптимизации, где необходимо учитывать одновременно несколько критериев. Для таких случаев разработано множество методов, таких как NSGA-II и NS-ES. Однако универсального решения не существует, что делает необходимым создание новых подходов. В данной работе рассматриваются модификации следующих алгоритмов однокритериальной оптимизации:

1. Метод, основанный на алгоритме муравьиных колоний (ACO). Он имитирует поведение муравьев, которые ищут наилучший путь к источнику пищи. Муравьи используют феромоны для пометки кратчайших маршрутов. В многокритериальной оптимизации ACO помогает находить множество Парето-оптимальных решений, учитывая различные целевые функции и их взаимодействия.

2. Дифференциальная эволюция (DE) — это эволюционный алгоритм, который сфокусирован на мутации, кроссовере и процедуре отбора для создания новых кандидатов на оптимальные решения. DE представляет собой эффективный инструмент для поиска компромиссов между конкурирующими критериями, позволяя учесть сложные целевые функции.

3. Метод, имитирующий поведение кукушек. Этот метод имитирует стратегию размножения кукушки, где она подбрасывает свои яйца в гнезда других птиц. В контексте оптимизации идея заключается в использовании решений, полученных от других (доминирующих) решений, для нахождения оптимальных значений.

Для решения задач многокритериальной оптимизации алгоритмы были дополнены недоминирующей сортировкой, что позволяет определять фронт Парето из множества возможных решений. Кроме того, для учета ограничений применен метод ϵ -ограничений. Эффективность методов была протестирована на задачах многокритериальной оптимизации, имеющих известные точные решения.

Разработка программного обеспечения осуществлялась на языке Python 3.10.0 с использованием библиотек numpy, matplotlib и tkinter.

Список используемых источников:

1. Пантелеев А.В., Скавинская Д.В. Метаэвристические стратегии и алгоритмы глобальной оптимизации. – М.: Факториал, 2023.
2. Пантелеев А.В., Кудрявцева И.А. Численные методы. Практикум. М.: ИНФРА-М, 2017.
3. Srinivas N., Deb K. Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms // Evolutionary computation. – 1994. – Т. 2. – №. 3. – С. 221-248.
4. Takahama T., Sakai S. Constrained optimization by the ε constrained differential evolution with gradient-based mutation and feasible elites / Proc. IEEE Int. Conf. Evol. Comput. 2006. P. 1–8.

Методика подготовки данных траекторий полётов воздушных судов для моделирования систем управления воздушного движения

Прозоров Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф-м.н. Крылов С.С.

МАИ, Москва

Существует потребность в точных данных траекторий полётов для имитационного моделирования систем организации воздушного движения (ОрВД). Однако доступ к реальным радарным данным ограничен и сопряжен с организационными и финансовыми трудностями. Существуют способы и технологии получения неочищенных радарных данных, нуждающихся в подготовке перед использованием, но их обработка является очень затратным процессом. Исследование направлено на разработку методики обработки радарных трековых данных в целях очистки их от шума и ошибок.

Проведённое исследование позволило получить методику подготовки трековых данных для применения в исследованиях ОрВД. Разработанная методика отличается от известных способов тем, что позволяет получать очищенные от ошибок, шума и аномалий и готовые к применению данные, пригодные для проведения исследований сложных процедур воздушного движения. Наличие этой методики обеспечивает совершенствование процессов моделирования и исследования систем ОрВД.

Практическая значимость – использование методики позволяет усовершенствовать моделирование процессов ОрВД за счёт использования данных, содержащих меньше ошибок, и проведения исследований с меньшими затратами времени по сравнению с традиционными способами.

Задача исследования имеет вид: разработать методику автоматизированной подготовки данных траекторий полётов, обеспечивающую качество данных, пригодное для моделирования процессов ОрВД.

При анализе исходных данных, нуждающихся в очистке от ошибок и шума, было установлено, что данные относятся к классу временных рядов. Поиск теории и опыта анализа временных рядов привёл к использованию в этих целях рекуррентной нейронной сети (RNN). Было выдвинуто предположение о пригодности RNN в решении задачи очистки данных временных рядов. Для интерпретации результатов использовались метрики ИИ (точность, полнота).

В результате исследования получена методика подготовки трековых данных для использования в имитационном моделировании. Методика предполагает распределение разделение работ по следующим этапам.

Этап 1. Сбор данных по заданному региону. Осуществляется посредством API FlightRadar, который предоставляет в реальном времени информацию о координатах, скорости, высоте ВС и параметрах рейсов. Анализировались данные о полётах в зоне ответственности Единой системы ОрВД РФ. Полученный набор необработанных трековых данных (поток ВС) содержит долю некорректных треков (с нереалистичным поведением ВС, скачками по координатам и высотам, пропусками данных).

Этап 2. Фильтрация данных. Собранные данные оцениваются на полноту. Неполные полётные треки исключаются. Осуществляется отбор треков ВС по заданным пользователем признакам. Получается сокращённый массив данных под потребности пользователя.

Этап 3. Сортировка данных. Данные распределяются на корректные и некорректные с помощью алгоритма классификации трековых данных на базе нейросетевых преобразований (RNN, обученная на датасетах). Нейросеть обнаруживает аномалии и исключает их из потока, возвращает отсортированные и очищенные данные, пригодные для использования и преобразования в форматы, используемые в моделирующих программах.

На этапе 3 используется обученная нейросеть. Обучение нейросети необходимо осуществлять до непосредственного начала работ. Для обучения классификатора используются датасеты корректных и некорректных данных, накопленные ручной сортировкой потока.

Методика подготовки данных разработана и проверена экспериментом: алгоритмы анализа исключения неполных данных, алгоритмы организации обучения RNN, алгоритмы эксплуатации обученной нейронной сети и выгрузки трековых данных в заданном формате реализованы на языке Python в программном комплексе. Работа ПО проверена. В эксперименте очищенные трековые данные переданы потребителю для валидации модели горизонтального полёта самолёта в имитационном моделировании. Потребитель подтвердил пригодность данных.

Предположение о возможности очистки трековых данных посредством применения рекуррентных нейронных сетей подтвердилось.

Применение методики обеспечивает снижение уровня зашумлённости и повышение точности данных, и оперативность их подготовки.

Дальнейшее развитие методики предполагается направить на восстановление неполноты данных, систематическое накопление данных и улучшение работы нейросети посредством расширения датасетов для обучения, и создание автоматических интерфейсов для интеграции с моделирующими комплексами.

Список используемых источников:

1. Обухов, Ю. В. Имитационные модели, алгоритмы и программы для анализа безопасности полётов в системе управления воздушным движением / Ю. В. Обухов. – Москва 2019.

2. Чуб В. С. Использование рекуррентных нейронных сетей для анализа временных рядов и выявления тенденций в данных // Образовательные ресурсы и технологии. 2024. №2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-rekurrentnyh-neyronnyh-setey-dlya-analiza-vremennyh-ryadov-i-vyyavleniya-tendentsiy-v-dannyh> (дата обращения: 21.02.2025).

3. Flightradar24 API Documentation [Электронный ресурс] URL: <https://fr24api.flightradar24.com/> (дата обращения: 20.02.2025).

Логистика запасов склада авиационно-технического имущества как инструмент повышения эффективности технической эксплуатации авиационной техники

Рахманин В.Ю., Израелян Р.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Шевцов С.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Управление ресурсами запасных частей и материалов для авиационной техники – это важная составляющая эффективной работы авиационных частей. Существенная часть проблем в планировании работ инженерно-авиационного обеспечения, приводящих к простоям авиационной техники, связана с отсутствием или несвоевременной поставкой необходимых запасных частей и материалов, что приводит к срыву летного плана. Еще более остро проблема проявляется при проведении реальных военных операций. Примером подобного хода событий может служить современная наступательная военная операция, которая предусматривает, что авиация осуществляет поддержку продвижения сухопутных войск вглубь обороны противника. В этом случае любой срыв работы авиационной техники из-за отсутствия запасных частей и материалов на складе авиационно-технического имущества приведет к неминуемым потерям личного состава на земле.

Эффективное управление ресурсами запасных частей и материалов является ключом к успешной эксплуатации авиационной техники. Управление ресурсами базируется на логистике – науке, целью которой является организация рационального процесса движения материальных ресурсов и дальнейшего их хранения на складах. Эффективное управление запасными частями и материалами авиационно-технического имущества требует комплексного подхода, базирующегося на одном из методов логистики запасов.

Метод системного анализа основан на исследовании логистических потоков, которое позволяет выявить наиболее эффективное управление материальными ресурсами.

Методы фиксации складского запаса, периодичности поставки и заказа, а также их комбинация базируются на управлении по уровню запасов на складе, временными сроками поставки и объемом заказа соответственно.

Кибернетический метод обеспечивает информационный подход к управлению складскими запасами и логистическими операциями, которые рассматриваются как интеллектуальные системы, состоящей из множества взаимосвязей.

Метод исследования операций использует количественный подход к процессу принятия управленческих решений. При этом наилучшее решение будет содержать набор факторов, которые оптимизируют показатель эффективности операции.

Прогностический метод является наиболее популярным. С помощью экспертных оценок или исследований причинно-следственных связей прогнозируются условия развития различных логистических систем.

Метод Парето «20/80» в классическом представлении понимается как: «20% трудозатрат дают 80% результата, остальные 80% трудозатрат дают лишь 20% результата». Цель метода – выявление первоочередных проблем логистики.

Метод экономико-математического моделирования процессов логистики. Например, метод ABC, при котором все складские материальные ресурсы разделяются на три группы А, В, и С, которые вносят различный вклад в достижение конечного результата. Появляется возможность сосредоточить все усилия на небольшой группе важных объектов, выстроить соответствующую логистику приобретения и управления запасами. Другой метод, XYZ-анализ классифицирует складские материальные ресурсы по колебанию спроса на них. В результате объекты делят на три группы X, Y и Z в соответствии с найденным коэффициентом вариации.

Современные методы управления ресурсами запасных частей в авиационной отрасли способствуют улучшению качества обслуживания, повышению надежности техники и снижению затрат. Внедрение инновационных методов планирования и управления запасами материальных ресурсов, позволяет обеспечить более грамотное управление складскими запасами. Метод ABC и XYZ и их совместный анализ в сравнение с другими представляется наиболее простым и эффективным в использование, и его внедрение в складскую деятельность авиационной части позволит повысить эффективность управления запасными частями и материалами в авиационно-техническом имуществе для качественного решения задач системы технической эксплуатации авиационной техники.

Список используемых источников:

1. Фетисов Е.В., Березовский Д.В., Петухов А.В., Черемыс Л.В., Шевцов С.А. Эксплуатация боевой авиационной техники. Техническая эксплуатация боевой авиационной техники: учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022. – 340 с.
2. Ерохина Е. В. Основы логистики. Учебное пособие – М.: Русайнс, 2024. – 100 с.
3. Петрова А. В., Вохмянина А.В. Управление цепями поставок. Учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2020. – 154 с.

Двухэтапная задача планирования производства с различными моделями случайного спроса

Родригез С.О.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Иванов С.В.

МАИ, Москва

Рассматривается двухэтапная модель планирования производства с учётом случайного спроса на производимую продукцию [1]. В качестве стратегии оптимизации на первом этапе выступает объём закупаемых ресурсов для производства продукции. На втором этапе, когда спрос становится известным, определяется объём производства и объём неизрасходованных ресурсов. Эти ресурсы могут быть проданы по цене ниже закупочной. Ставится задача максимизации математического ожидания прибыли.

Изучаются различные модели случайного спроса: дискретное и непрерывное равномерное распределение, нормальное и экспоненциальное распределение.

Для решения задачи применяются различные подходы. Для случая дискретного распределения используется сведение двухэтапной задачи к задаче линейного программирования, а также метод стохастической аппроксимации. Для непрерывных распределений используется метод стохастической аппроксимации, а также выборочная аппроксимация с последующим сведением к задаче линейного программирования. Сведение к задаче линейного программирования основано на введении дополнительных переменных на каждую реализацию случайных параметров. Метод стохастической аппроксимации является методом типа градиентного спуска со случайным выбором направления.

В качестве примера рассматривается производство смартфонов. Производитель выпускает 4 модели смартфонов, для сборки которых требуется 4 вида компонентов (экраны, процессоры, аккумуляторы и корпуса). Производитель закупает компоненты у сторонних поставщиков до того, как станет известен спрос на смартфоны. Спрос на каждую модель смартфона моделируется как случайная величина. Производитель заранее заказывает определенное количество заказанных компонентов, а после получения информации о реальном спросе решает, сколько единиц каждой модели производить. Количество сценариев спроса распределено по дискретному или по непрерывному закону.

В результате применения используемых алгоритмов решения задачи определяются оптимальное количество заказанных деталей (экраны, процессоры, аккумуляторы и корпуса), количество деталей, оставленных на складе и количество произведенных товаров.

Также для рассматриваемой задачи проведена экономическая оценка, в результате которой были найдены самый невыгодный сценарий, самый выгодный сценарий и соответствующие им прибыли или убытки.

Результаты вычислений с помощью применяемых подходов мало отличаются. Стоит отметить, что, метод выборочной аппроксимации очень медленный по отношению к методу стохастической аппроксимации. Например, среднее время вычислений при использовании выборочной аппроксимации в случае нормального распределения – 1 с, а среднее время работы алгоритма на основе стохастической аппроксимации в случае нормального распределения – 18 с.

Список используемых источников:

1. Alexander Shapiro, Darinka Dentcheva, Andrzej Ruszczyński Lectures on Stochastic Programming: Modeling and Theory. Society for Industrial and Applied Mathematics and the Mathematical Optimization Society, 2021. 554 p.

Быстродействие динамической системы со сменой модели движения

Сабурова С.П.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Бортакровский А.С.

МАИ, Москва

Задачи группового быстродействия [1-3] имеют множественные применения в жизни. Такие объекты как эскадра кораблей, группа подвижных управляемых роботов или рой БПЛА могут выступать объектом управления.

В работе рассматривается задача управления гибридной системой с однократным разделением. Управление происходит в два этапа. На первом этапе происходит управление составным объектом - носителем. Его скорость и ускорение ограничены по модулю. Движение носителя представляется модифицированной моделью машины Дубинса. Основным отличием от классической модели является возможность поворота на месте.

Первый этап заканчивается, когда носитель попадает в точку разделения и начинается второй этап - управление группой простых объектов. Каждый простой объект должен достичь заданной терминальной цели, при этом их количество (простых объектов и терминальных целей) совпадает. Ускорение и скорость простых объектов ограничена.

Для решения задачи необходимо найти оптимальные траектории носителя и простых объектов, оптимальную точку разделения и наилучшее время достижения всех терминальных состояний(целей).

Для нахождения оптимальных траекторий применяется принцип максимума Понтрягина [4]. Оптимальная точка разделения находится численно в результате поиска на сгущающихся сетках в пространстве состояний.

В результате работы разработан алгоритм нахождения оптимального управления, написано на языке Python программное обеспечение, позволяющее визуализировать работу алгоритма, найдены оптимальные траектории. Эффективность алгоритма показана на примерах.

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. Бортакровский А.С. Быстродействие группы управляемых объектов // Изв. РАН. ТиСУ. 2023. № 5. С. 51–77.
4. Bortakovskii A. S. Necessary optimality condittios for hybrid system of variable dimension with intermediate constraints // Journal of Mathematical //Sciences, Vol. 270, No. 5. — 2023.

Многоэтапная задача оптимизации поставок продукции

Сазонов В.С.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Иванов С.В.

МАИ, Москва

Исследование посвящено многоэтапной задаче оптимизации управления складскими запасами. Рассматривается склад, куда поступают заказанные партии продукции, и откуда они отправляются, чтобы удовлетворить существующий спрос. Управлением в задаче является определение оптимального объема закупок продукции на каждом этапе. Затраты на закупку и хранение продукции образуют потери, которые необходимо минимизировать.

Вначале задача была сформулирована для сценария детерминированного спроса. Цель – минимизация совокупных потерь. Был разработан алгоритм решения, использующий метод динамического программирования [1].

Далее задачи были поставлены в условиях стохастического спроса, который представлен дискретным распределением с конечным числом реализаций.

В рамках стохастической модели была сформулирована задача с критерием математического ожидания, заключающаяся в минимизации математического ожидания общих потерь. Для её решения также был использован метод динамического программирования [2].

Кроме того, были рассмотрены задачи с вероятностным и квантильным критериями. В задаче с вероятностным критерием требовалось максимизировать вероятность того, что общие потери не превысят заданный порог. Она была преобразована к эквивалентной задаче линейного программирования. В задаче с квантильным критерием необходимо минимизировать уровень общих потерь, который не будет превышен с установленной вероятностью. Эта задача также была сведена к эквивалентной задаче линейного

программирования. Важно отметить, что подобное сведение возможно только при дискретном характере распределения спроса.

Предложено альтернативное решение для задачи с вероятностным критерием, основанное на методе динамического программирования. Однако, для задачи с квантильным критерием применение динамического программирования невозможно из-за отсутствия марковского свойства у квантильного критерия.

Также для случая стохастического спроса рассмотрена вторая постановка задачи. В ней становится известна реализация спроса на текущем этапе перед решением об объемах закупок.

Было произведено сравнение результатов для двух постановок задач. Результаты сравнивались для задач с критерием в форме математического ожидания, с вероятностным критерием и с квантильным критерием.

Список используемых источников:

1. Калихман И.Л., Войтенко М.А. Динамическое программирование в примерах и задачах // М.:Вышш.Школа, 1979.
2. A. Shaprio, D. Dentcheva, and A. Ruszczynski Lectures on stochastic programming: modeling and theory // SIAM, Philadelphia, 2014.

Исследование применения моделей машинного обучения в предиктивной диагностике глаукомы

Торрес К., Альбова В.А., Ломцова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов Ф.В.
МАИ, Москва

С развитием технологий машинного обучения открываются новые возможности для диагностических исследований в медико-биологической практике. Одной из ведущих патологий зрительного аппарата, приводящих к слепоте, является глаукома — заболевание, которое часто выявляется на поздних стадиях из-за его бессимптомного протекания вначале. Это приводит к значительным повреждениям зрительного нерва к моменту обращения к врачу.

По данным Всемирной организации здравоохранения, количество людей, страдающих глаукомой, в мире варьируется от 60,5 до 106 миллионов человек и продолжает расти, из них более 1 миллиона пациентов зарегистрировано на диспансерном учете в России. Важным аспектом предотвращения особо тяжелых последствий заболевания является регулярное, своевременное проведение комплексной диагностики и профилактических осмотров у специалистов. Для удовлетворения постоянно растущих требований медицинского сектора, было принято решение создать информационную систему, способную помочь специалисту в быстром и эффективном скрининге глаукомы.

Современные методы диагностики в офтальмологической практике требуют существенных материальных и временных вложений. Внедрение моделей машинного обучения позволяет автоматизировать процесс обработки и анализа изображений, а также повысить точность диагностики.

Для создания комплексного решения были выполнены следующие задачи:

1. Анализ и сравнение существующих методов исследований.
2. Поиск и подготовка датасета изображений глаз.
3. Разработка и обучение модели.
4. Тестирование системы на реальных медицинских данных.
5. Оценка точности и позитивных изменений.

В ходе работы был проведен обзор существующих методов диагностики глаукомы: тонометрии, периметрии, офтальмоскопии, оптической когерентной томографии, современных подходов, использующих машинное обучение.

В процессе аналитики классических методов исследования начальной глаукомы было обнаружено, что обработка снимков глаз осложняется плохой воспроизводимостью данных, снятых разными врачами, не обеспечивается необходимая оценка состояний клинических

факторов риска развития заболевания, а также нет возможности фиксировать выявленные изменения для сравнения их в динамике. Тогда возникла идея перенести вычислительную часть работы на компьютер.

Для подробного изучения проблематики скрининга были разработаны несколько моделей машинного обучения и проведен сравнительный анализ. Датасеты включали в себя изображения как здоровых глаз, так и глаз с различными стадиями глаукомы. Подготовка датасетов включала предварительную обработку изображений: нормализацию, удаление шумов и выравнивание.

Для проектирования модели были рассмотрены различные архитектуры нейронных сетей, включая сверточные (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN). В процессе обучения применялись техники аугментации данных и регуляризации для повышения точности и предотвращения переобучения.

Экспериментальное тестирование показало релевантность модели в диагностике глаукомных изменений на ранних стадиях, что позволило сделать вывод о целесообразности использования машинного обучения для клинического применения. К позитивным изменениям можно отнести повышение точности раннего выявления заболевания, снижение времени на проведение диагностики и улучшение эффективности детекций.

Список используемых источников:

1. Диагностика глаукомы на современном этапе — Текст: электронный // cyberleninka.ru [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-glaukomy-na-sovremennom-etape> (дата обращения: 25.02.2025).

2. Компьютерное зрение — Текст: электронный //cyberleninka.ru [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-zrenie-1> (дата обращения: 26.02.2025).

Алгоритмическое и программное обеспечение поиска трещин в композитных материалах

Тучков Н.А., Талья Р.Л.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

За время эксплуатации воздушного судна его крылья, как и другие конструкционные составляющие, изнашиваются, что отражается на микроструктуре композита, из которого они сделаны. В материале появляются трещины, влияющие на надежность крыльев и всего изделия. От верного и своевременного обнаружения трещин в композите зависит безопасность эксплуатации воздушного судна.

Целью работы является создание приложения, определяющего области нахождения трещин, границы монослоев композита, значения метрик, характеризующие степень износа материала. На вход программе поступает последовательность снимков композита, сделанных томографом. Результатом работы приложения являются координаты трещин и монослоев на каждом изображении последовательности и такие метрики, как плотность трещин в слое и количество трещин. Программа написана на языке Python 3.10 с использованием библиотеки OpenCV. Приложение может быть использовано как поддержка исследований в изучении композитных материалов или как часть комплекса промышленного ПО.

Программа состоит из двух блоков: алгоритма обнаружения трещин и алгоритма обнаружения монослоев. Алгоритм обнаружения трещин выполняется в два этапа:

1. Производится анализ каждого изображения по отдельности, выделяются прямоугольные области, где возможно нахождение трещин. Для этого применяются такие методы, как размытие по Гауссу, фильтр Собеля, морфологические свертки, адаптивная бинаризация.

2. Результаты анализа изображений на первом этапе сравниваются между собой для выявления ошибочно определенных областей, содержащих трещины, и нахождения новых. Для этого используется информация о характере расположения трещин внутри монослоев, и

применяются такие методы обработки числовых последовательностей, как простое скользящее среднее и метод наименьших квадратов.

В свою очередь алгоритм определения монослоев выполняется следующим образом:

1. Производится анализ отдельного изображения, в результате которого в срезе извлекаются координаты всех включений и межслоевых дефектов (пустоты, воздух, плохо отвердевшее связующее). Для такого анализа, как и в случае трещин, используются различные морфологические свертки, фильтр Собеля, размытие по Гауссу и др.

2. Проводится поиск координат трещин, из которых потом извлекаются верхняя и нижняя граничные точки и добавляются к общему набору точек.

3. По полученным координатам проводится построение монослоев. Реализуется это при помощи итеративного подстраивания и вертикального смещения горизонтальной линии. В случае если точка линии достаточно близка с какой-либо полученной из предыдущего шага точкой, эта точка закрепляется в данном положении. Если закрепления не произошло, то проводится поиск в некоторых пределах среднего значения вертикальной координаты с определенной функцией предпочтения, пока не найдется приемлемая точка. Этот шаг повторяется до тех пор, пока не будут проверены все компоненты линии. Если после построения слоя есть незакрепленные точки, то они игнорируются. Если по завершению построения закрепленных точек оказалось больше некоторого порога, то линия считается верно построенной, и алгоритм начинает строить следующий слой. В противном случае она сдвигается вниз и алгоритм повторяется.

4. После построения получившихся слоев алгоритм повторяется для других изображений срезов образца. Полученные монослои сравниваются и, если их количество совпадает, то вертикальные координаты точек смешиваются, чтобы получить более точную картину.

Эффективность описанных алгоритмов демонстрируется на реальных данных, полученных с томографа.

Список используемых источников:

1. OpenCV: OpenCV modules URL: <https://docs.opencv.org/4.x/> (дата обращения: 16.11.2024).

Применение мультиагентного алгоритма оптимизации с управляемыми дискретными динамическими моделями движения агентов в задаче управления мобильным роботом

Хвошнянская Е.А.

Научный руководитель — Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

Рассматривается математическая модель мобильного робота с двумя гусеничными приводами. Требуется перевести робота из заданной начальной точки в заданную конечную, не нарушая фазовых ограничений на плоскости движения робота, за минимальное время.

Для нахождения управления используется мультиагентный алгоритм с управляемыми дискретными динамическими моделями движения агентов. Метод основан на процессах, происходящих в среде, содержащей множество агентов, и поэтому относится к группе мультиагентных метаэвристических алгоритмов оптимизации [1, 2]. Агенты обмениваются данными, чтобы совместно выработать решение. Основу алгоритмической стратегии составляет применение оптимальных дискретных линейных регуляторов управления движением агентов [3].

В начальной фазе алгоритма генерируется начальная популяция агентов на допустимом множестве решений с использованием равномерного распределения. Поиск экстремума осуществляется в течение заранее заданного числа итерационных циклов. В каждом проходе агенты перемещаются согласно вычисленному управлению в течение фиксированного количества шагов. В начальной и завершающей фазе каждого цикла определяется лидер популяции и соответствующее ему минимальное значение целевой функции. В дальнейшем этот агент сохраняет своё положение. При этом все агенты обладают различными

координатами и скоростями, но применяется общее управление с полной обратной связью по вектору состояния, определяемое соотношением для линейного регулятора. Матрица коэффициентов усиления при этом находится из условия минимизации квадратичного функционала, отражающего точность следования агентов за лидером и интенсивность управления. По завершении итерационного шага агенты упорядочиваются по значениям целевой функции. Определённый процент наименее эффективных особей удаляется, а из близко расположенных пар агентов сохраняется тот, чья оценка лучше. Взамен исключённых особей создаются новые с помощью равномерного распределения на множестве допустимых решений. Процесс завершается при достижении запланированного количества проходов.

Для улучшения полученного решения применяется миграционный алгоритм. В его основе — лидер, определённый в мультиагентном алгоритме. В начале формируется популяция агентов, распределённых равномерно по допустимому множеству. В каждом проходе формируется вектор направления, указывающий путь к лидеру. Перемещение агентов выполняется пошагово до достижения конечной позиции. По завершении итераций определяется наилучший шаг с точки зрения целевой функции. Среди новых кандидатов и предыдущего лидера выбирается новый лидер и идентифицируется наихудший участник. Далее осуществляется проверка на завершение процесса поиска и фиксируется лучшее найденное решение.

Описанный алгоритм применён к задаче поиска кусочно-постоянного программного управления для робота с колёсной базой [4].

Список используемых источников:

1. Пантелеев А.В., Скавинская Д.В. Метаэвристические алгоритмы глобальной оптимизации. — М.: Вузовская книга, 2019.
2. Пантелеев А.В., Каранэ М.М.С. Мультиагентные и биоинспирированные методы оптимизации технических систем. М.: Изд-во Доброе слово и Ко, 2024.
3. Пантелеев А.В., Борताковский А.С. Теория управления в примерах и задачах. М.: ИНФРА-М, 2016.
4. Diveev A.I., Konstantinov S.V. Study the practical convergence of evolutionary algorithms for the optimal program control of a wheeled robot// Journal of Computer and Systems Sciences International, 2018. Vol. 57. No. 4. P. 561–580.22:34.

Применение методов роевого интеллекта в задаче программного управления солнечным парусом

Хижняков Д.Г.

Научный руководитель — профессор, д.ф-м.н. Пантелеев А.В.
МАИ, Москва

В данной работе рассматривается задача поиска оптимального программного управления солнечным парусом, движущимся от орбиты Земли до орбит других планет Солнечной системы. В частности, анализируется движение солнечного паруса по траекториям, ведущим к орбитам Марса, Венеры и Меркурия.

Основная цель исследования заключается в определении оптимальной стратегии управления, которая минимизирует отклонения от заданной целевой орбиты, а также обеспечивает соответствие тангенциальной и радиальной компонент скоростей аппарата требуемым значениям. В рамках поставленной задачи управление представлено единственным параметром — угловой ориентацией солнечного паруса относительно направления солнечных лучей, при этом для данного параметра вводятся соответствующие ограничения, определяющие допустимый диапазон его значений.

Для решения задачи оптимизации используется современный подход на основе методов роевого интеллекта, позволяющий эффективно исследовать пространство решений даже при наличии сложных нелинейных зависимостей динамической системы. Вводится функционал управления, учитывающего как невязку по целевой орбите, так и ошибки по тангенциальной и радиальной скоростям, что позволяет комплексно оценивать качество предлагаемого

управления. Для оценки полученного управления проводится сравнительный анализ результатов, полученных другими исследователями.

Все алгоритмы, реализующие описанные методы оптимизации и моделирования динамики солнечного паруса, написаны на Python. Это позволяет не только гибко настраивать параметры алгоритмов и экспериментировать с различными конфигурациями, но и наглядно визуализировать результаты моделирования с помощью современных библиотек для построения графиков.

Список используемых источников:

1. Luus R. Iterative dynamic programming. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, USA, 2000.
2. Vernigora L.V., Kazmerchuk P.V. Trudy MAI, 2019, no. 106. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=105759>.
3. Метаэвристические алгоритмы оптимизации законов управления динамическими системами/ А.В. Пантелеев. – М.: Факториал, 2020. – 564 с.: ил. ISBN 978-5-98688-315-1.

Спектральный метод в приложении к линейным фильтрам

Шерматов Е.Д.

Научный руководитель — доцент, д.ф-м.н. Рыбаков К.А.

МАИ, Москва

Фильтрация сигналов – востребованная и актуальная задача в области обработки данных, играющая важную роль в аэрокосмической науке и технике. В условиях ограниченных вычислительных ресурсов и высоких требований к качеству измерений линейные системы являются предпочтительными инструментами для улучшения быстродействия процесса фильтрации и точности передаваемых данных в измерительных системах.

В докладе рассматривается спектральная форма математического описания линейных фильтров. Спектральная форма и основанный на ней спектральный метод предполагают описание сигналов с помощью рядов по функциям некоторой базисной системы. Обработка сигналов, в том числе и фильтрация, сводится к алгебраическому преобразованию коэффициентов этих рядов. Линейный фильтр при этом задается двумерной нестационарной передаточной функцией, зависящей от базисной системы [1]. Наиболее простой вариант представления линейных фильтров в спектральной форме предполагает использование двумерных нестационарных передаточных функций только дифференцирующего и интегрирующего звеньев, при более сложной реализации потребуются двумерные нестационарные передаточные функции аperiodических звеньев [2].

В качестве примера для тестирования выбраны фильтры Баттерворта – линейные фильтры с известными передаточными функциями [3]. При тестировании осуществлялось спектральное преобразование входного сигнала, представляющего собой аддитивную смесь полезного сигнала и шума, обработка сигнала в спектральной области и обратное спектральное преобразование для получения выходного сигнала. Далее проводился анализ результатов, а именно сравнение выходного сигнала с исходным полезным сигналом. Оценивалось влияние фильтра на конечный результат, в частности проводилось исследование параметров амплитудно-частотной характеристики: гладкость в области полосы пропускания, частота среза, крутизна спада в области полосы заграждения. Также анализировался выбор порядка фильтра, проводился расчет групповой задержки для корректировки характеристик (в случае гармонических сигналов групповая задержка приводит к фазовому запаздыванию выходного сигнала фильтра в сравнении с входным сигналом [4]).

В дальнейшем планируется тестирование на фильтрах Чебышева и Лежандра.

Список используемых источников:

1. Рыбаков К.А. Спектральный метод моделирования линейных непрерывных стохастических систем. М.: Изд-во МАИ, 2021.
2. Rybakov K. On spectral approach to the synthesis of shaping filters // arXiv:2501.15174. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.15174>.

3. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Т. 2. СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2017.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

Достаточные условия синтеза H -infinity наблюдателя состояния нелинейной непрерывной динамической системы на полубесконечном промежутке времени

Яковлева А.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.
МАИ, Москва

С точки зрения управления новейшие аэрокосмические системы являются сложными объектами, функционирование которых требуется обеспечить в условиях неопределенностей при задании начальных условий, внешних воздействий, а также погрешностей измерительной системы. Для гарантирования эффективного функционирования таких систем необходимо найти оценки состояния системы в текущий момент времени, которые в дальнейшем можно будет использовать в законах управления. Поэтому стоит отметить, что в перечень важнейших задач управления входит разработка робастных алгоритмов, предназначенных для нахождения таких оценок состояния, которые позволяют принять во внимание неполноту информации о векторе состояния системы, неопределенность задания ограниченных внешних воздействий на объект управления и помехи в каналах измерения. Решение поставленной задачи основывается на выборе параметрической структуры наблюдателя состояния, вырабатывающего его оценку, и проведении процесса ее оптимизации.

Основным вопросом, рассматриваемым в работе, является нахождение H -infinity наблюдателя вектора состояния для нелинейных непрерывных динамических систем, являющихся линейными по управлению и возмущению. Задача рассматривается при наличии неопределенности задания начальных условий, ограниченных внешних воздействиях и погрешностях измерения на полубесконечном промежутке времени функционирования системы. В работе предложено доказательство достаточных условий существования H -infinity наблюдателя.

В качестве способа решения задачи предлагается осуществление поиска приближенного решения по тому же алгоритму, что и в теории линейных систем. В данном контексте исходная нелинейная динамическая система посредством факторизации преобразуется к структуре, похожей на линейную. При этом матрицы данной структуры зависят от вектора состояния. Решение дифференциального уравнения Риккати выбирается с учетом поточечного выполнения условий асимптотической устойчивости замкнутой системы, образованной объектом и оптимальным управлением объектом, а также наихудшим ограниченным возмущением. Для синтеза H -infinity наблюдателя в работе предлагается соответствующий пошаговый алгоритм.

Для иллюстрации предложенного метода решен модельный пример оценивания вектора состояния на полубесконечном промежутке времени. Алгоритмы нахождения параметров наблюдателя и моделирования замкнутой системы были реализованы в комплексе программ с использованием MATLAB.

Секция №7.3 Динамические системы, математические модели и виртуальные прототипы в авиации и космонавтике

Виртуальные прототипы и ИИ в образовании: новые подходы к подготовке специалистов для авиации и космонавтики

Артамонов А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Яшина М.В.

МАИ, Москва

Современная авиация и космонавтика сталкиваются с вызовами, требующими принципиально новых подходов к подготовке специалистов. Развитие цифровых технологий, в частности искусственного интеллекта и виртуальных прототипов, оказывает значительное влияние на образовательные процессы, обеспечивая более глубокое понимание сложных систем и повышая уровень подготовки кадров.

Виртуальные прототипы представляют собой цифровые модели реальных авиационных и космических систем, позволяя имитировать их поведение в различных условиях. Их использование даёт возможность тестировать новые технологии, анализировать динамику полёта и оптимизировать конструкционные решения без необходимости создания физических образцов. В образовательном процессе они становятся незаменимым инструментом для освоения сложных технических дисциплин, предлагая студентам возможность интерактивного взаимодействия с моделируемыми объектами и сценариями.

Искусственный интеллект в образовании открывает перспективы адаптивного обучения, персонализации учебных траекторий и автоматизированного анализа знаний. Системы на основе ИИ способны анализировать данные об успеваемости, выявлять пробелы в знаниях и предлагать индивидуализированные рекомендации. В контексте подготовки авиационных и космических специалистов — это особенно важно, поскольку позволяет учитывать высокий уровень требований к компетенциям и специфике профессиональной деятельности.

На данный момент мы уже имеем примеры практического применения ИИ в авиации и космонавтике. В гражданской авиации системы искусственного интеллекта помогают анализировать и прогнозировать работу двигателей, оптимизировать маршруты полётов и автоматизировать процессы управления воздушным движением. В космической отрасли ИИ активно применяется для автономного управления спутниковыми группировками, обработки телеметрических данных и прогнозирования технического состояния космических аппаратов. Будет коротко рассмотрено несколько конкретных примеров, таких как использование ИИ в NASA для моделирования и планирования миссий, или применение ИИ в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина для подготовки экипажей.

Сочетание виртуальных прототипов и ИИ приводит к созданию интегрированных образовательных сред, где обучение становится более интерактивным и ориентированным на реальные задачи. Виртуальные лаборатории, симуляторы управления полётами и моделирование работы авиационно-космических систем в условиях, приближённых к реальным, создают основу для формирования профессиональных компетенций. Ведущие университеты мира уже внедряют подобные подходы, разрабатывая обучающие платформы, использующие ИИ-алгоритмы для анализа учебных данных и адаптации учебного материала.

Интеграция ИИ и цифровых двойников в авиационно-космическое образование не только расширяет возможности обучения, но и меняет саму концепцию подготовки специалистов. Будущие инженеры, пилоты и операторы миссий должны не просто осваивать традиционные дисциплины, но и разбираться в алгоритмах машинного обучения, анализе данных и взаимодействии с интеллектуальными системами. В образовательные программы всё активнее включаются курсы по обработке больших данных, предиктивной аналитике и кибербезопасности. Вопросы интеграции этих технологий в систему подготовки

специалистов могут стать ключевыми для обеспечения соответствия образовательных программ требованиям современной авиационной и космической отрасли.

Список используемых источников:

1. А. Н. Балухто, В. В. Хартов, А. А. Романов [и др.] Искусственный интеллект в космической технике. Состояние. Перспективы применения : монография под редакцией докт. техн. наук А. Н. Балухто. – Москва : Радиотехника, 2021. – 436 с. : ил., цв. ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-93108-204-2 : 500 экз.
2. 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: 27.02.2025).
3. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники. Общие положения. М.: Российский институт стандартизации, 2021, 10 с.
4. Kabashkin I., Misnevs B., Zervina O. Artificial Intelligence in Aviation: New Professionals for New Technologies // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. No. 21. P. 11660. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132111660>.

Математическая модель движения летательного аппарата на этапе руления

Бобров М.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Чекин А.Ю.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

В последние десятилетия наблюдается активный процесс автоматизации всех этапов и режимов движения пилотируемой авиации с одной стороны и бурное развитие беспилотных летательных аппаратов с другой. При этом этап руления по аэродрому не автоматизирован и является актуальной научно-технической задачей [1, 2]. Отсутствие возможности выполнять руление в автоматическом режиме накладывает существенные эксплуатационные ограничения на беспилотные летательные аппараты. В процессе движения пилотируемых летательных аппаратов на этапе руления, выполняемого вручную, регулярно происходят авиационные происшествия: столкновения как с движущимися объектами, так и с объектами аэродромной инфраструктуры. Автоматизация процесса руления при обеспечении требуемой точности движения летательных аппаратов для пилотируемой авиации позволит снизить психофизиологическую нагрузку на пилота и повысить уровень авиационной безопасности, для беспилотной – позволит расширить возможности применения.

В исследовании, направленном на автоматизацию движения летательных аппаратов на этапе руления по аэродрому, ключевую роль играет качественная математическая и компьютерная модель движения. В настоящее время такие модели существуют и успешно эксплуатируются на стендах полунатурного моделирования и авиационных тренажёрах, однако, по мнению авторов, функционала таких моделей недостаточно для задач исследования точности движения, особенно в условиях обледенения земной поверхности.

При разработке математической модели движения колёсного объекта особого внимания требует модель взаимодействия пары «колесо – опорная поверхность». Силы и моменты, возникающие в результате контактного взаимодействия этой пары, являются ключевым фактором, оказывающим влияние на динамику колёсного объекта. Точное определение этих сил и моментов требует учёта нелинейных зависимостей от множества различных факторов [3].

В работе предлагается математическая модель движения летательного аппарата по аэродрому. Её основу составляет велосипедная модель [4]. Для расчёта сил и моментов контактного взаимодействия «колесо – опорная поверхность» используется модель шины «Pacejka Magic Tire Formula» [3]. Полученная модель может применяться при исследовании процесса руления летательного аппарата и синтезе законов автоматического управления движением.

Список используемых источников:

1. AIRBUS [Электронный ресурс] // Airbus concludes ATTOL with fully autonomous flight tests [сайт]. URL: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-06-airbus-concludes-attol-with-fully-autonomous-flight-tests> (дата обращения: 20.02.2025).

2. Krawczyk M., Zajdel A. Automatic taxi directional control system for general aviation aircraft. J. Kones 2018, 25, 299–306 p.
3. Pacejka H.B., Tire and Vehicle Dynamics, 2nd ed.; Butterworth-Heinemann: Oxford, UK, 2006. 542 p.
4. Meijaard J.P., Schwab A.L. Linearized equations for an extended bicycle model. Proc. of III European Conf. on Comp. Mechanics Problems in Engineering. Lisbon, 2006. 18 p.

Совершенствование методики проектных расчетов вероятности и дальности обнаружения/распознавания объектов

Галин Е.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Манчук Ю.А.

ПАО КМЗ, Москва

При решении задач обнаружения/распознавания объектов оптико-электронной системой результаты экспериментов часто не совпадают с результатами проектных расчетов. Это происходит, в частности, потому что принятая в расчетах математическая модель может не соответствовать в полной мере параметрам эксперимента и не учитывать некоторые факторы влияния.

Для повышения степени соответствия проектных вычислений и результатов экспериментов в задачах обнаружения/распознавания объектов необходимо в методику расчетов вовлекать большое количество параметров, влияющих на результаты. Применяемая методика расчета должна в максимально возможной степени соответствовать реальной обстановке и условиям эксперимента.

Хорошие результаты решения задачи обнаружения/распознавания объектов удастся получить при использовании методики ТТР (Targeting Task Performance) [1], которая позволяет учитывать множество параметров канала наблюдения. Развитие методики ТТР применительно к телевизионным системам наблюдения показано в работе [2].

Тем не менее, задача повышения степени соответствия результатов проектных расчетов и натурных испытаний остается актуальной. Прежде всего, это связано с тем, что используемый методический инструмент эквивалентных мир порождает некоторые трудности и особенности учета изменений энергетических параметров на трассе наблюдения. Также необходим более полный учет параметров среды распространения излучения и их влияние на результаты проектных расчетов.

С целью повышения степени соответствия результатов проектных расчетов и результатов натурных испытаний в ПАО КМЗ проведены исследования по выявлению неучтенных факторов влияния и их включению в методику расчетов вероятности обнаружения/распознавания. Результатом работы стало дополнительное включение в методику расчетов следующих факторов влияния:

1. Рассеяние теплового излучения на турбулентных неоднородностях атмосферы. Использован метод плавных возмущений (МПВ) и модель Колмогорова-Обухова для вычисления коэффициента рассеяния на турбулентных неоднородностях атмосферы.

2. Снижение энергетического контраста между объектом и фоном на трассе наблюдения, выполненное по реальным размерам объекта. Получена функция передачи энергетического контраста, учитывающая его снижение из-за влияния атмосферы (поглощение парами воды, углекислым газом и другими газовыми компонентами), пропускания оптической системы в рабочем спектральном диапазоне.

3. Снижение энергетического контраста за счет несовпадения квадратного чувствительного элемента (ЧЭ) матричного фотоприемного устройства (МФПУ) и дифракционного кружка Эйри. Тепловая энергия в пределах дифракционного кружка распределяется между несколькими ЧЭ МФПУ, при этом снижается концентрация энергии на центральном ЧЭ и межэлементный энергетический контраст.

4. Снижение контраста изображения на экране ВСУ из-за паразитной засветки. Паразитная засветка (солнечный свет в кабине пилота, рассеянный свет приборов управления и других источников, попадающий на экран) уменьшает контраст изображения,

усложняет работу зрительного анализатора оператора и, как результат, снижает вероятность и дальности обнаружения/распознавания.

Для учета каждого из вышеперечисленных факторов влияния разработаны рабочие методики и программы расчетов коэффициентов влияния на функцию передачи контраста изображения в канале наблюдения. Получены результаты расчетов коэффициентов снижения энергетического контраста на трассе наблюдения, их влияние на результаты расчетов дальностей обнаружения/распознавания в тепловизионной системе наблюдения. Исследована степень влияния дополнительных факторов на результаты вычисления дальностей обнаружения/распознавания в широком диапазоне исходных данных (таблицы, графики).

Учет дополнительных факторов влияния при расчетах вероятностей и дальностей обнаружения/распознавания объектов в реальных условиях позволил добиться хорошего соответствия с результатами натурных испытаний на изделиях, выпускаемых в ПАО КМЗ.

Список используемых источников:

1. Vollmerhausen, R.H. and E. Jacobs. The Targeting Task Performance (TTP) Metric A New Model for Predicting Target Acquisition Performance. Modeling and Simulation Division Night Vision and Electronic Sensors Directorate U.S. Army CERDEC Fort Belvoir, VA 22060. Technical Report AMSEL-NV-TR-230.

2. А.Л. Воробьев, Ю.П. Журик, А.М. Краснов, С.Н. Шашков. Методика вероятностного анализа процесса наблюдения в цифровых телевизионных системах видимого диапазона. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 49.

Моделирование нестационарного напряжённо-деформированного состояния нагретых элементов конструкций на основе обобщённого уравнения

Бельтрами-Митчелла

Давиденко Е.В.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Земсков А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время весьма актуальной является проблема исследования напряжённо-деформированного состояния твёрдых тел, находящихся во взаимодействии с интенсивными нестационарными тепловыми нагрузками. Это, с одной стороны, связано с использованием мощных излучателей энергии в различных технологических процессах, таких как: плазмохимическая обработка материалов, обработка материалов в инфракрасных печах и гелиоустановках, обработка лазерными или электронными лучами, термическая закалка, упрочнение поверхности изделий и т. д.

С другой стороны, интенсивному тепловому воздействию подвергаются поверхности авиационно-космических аппаратов и пусковых установок, корпуса двигателей и трубопроводов. Поэтому важным вопросом в правильном и эффективном использовании указанных технологических процессов и эксплуатации технических систем является построение соответствующих математических моделей, позволяющих корректно описать физико-механические процессы в телах, находящихся под воздействием полей различной физической природы.

В данной работе рассматривается постановка и решение одномерной нестационарной задачи термоупругости в напряжениях, которая является обобщением модели Бельтрами-Митчелла на случай нестационарных нагрузок с учетом теплопереноса. Актуальность данной постановки обусловлена тем, что аналитическое решение нестационарных задач термоупругости сопряжено с большими математическими трудностями. Дело в том, что одним из основных приемов, используемых при решении начально-краевых задач механики деформируемого твердого тела, является метод разделения переменных. Однако в классических моделях термоупругости в перемещениях этот подход может быть реализован только при определённых типах граничных условий [1, 2]. Таким образом, если на поверхности тела заданы напряжения, то единственным практически возможным методом решения указанных задач на сегодняшний день является численный алгоритм [3].

Постановка динамической задачи термоупругости в напряжениях в прямоугольной декартовой системе координат была впервые получена в середине 60-х годов 20-го века в работах [4]. Однако на сегодняшний день нет публикаций, в которых обсуждались бы вопросы, связанные с построением аналитических решений указанных задач. Для решения рассматриваемой в данной работе одномерной задачи в напряжениях используется метод функций Грина. Алгоритм построения функций влияния основывается на применении преобразования Лапласа по времени и разложении в тригонометрические ряды Фурье по пространственной координате. Для вычисления оригиналов используются вычеты и таблицы операционного исчисления.

Для иллюстрации эффектов связанности механического и температурного полей было проведено несколько тестовых расчетов. Рассматривались различные варианты внешних воздействий как тепловых, так и механических. Варьировались формы и интенсивности импульсных нагрузок. Результаты моделирования представлены в графической и аналитической форме.

Список используемых источников:

1. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Задача Штурма-Лиувилля для одномерного термоупругого оператора в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2024. – Т. 64, № 3. – с. 401–415. DOI: 10.1134/S0965542524030175.
2. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В. Одномерные нестационарные задачи термоупругости: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2023 – 96 с.: ил. ISBN 978-5-4316-1048-6.
3. Парфенова Е.С., Князева А.Г. Влияние параметров химической реакции на взаимодействие тепловых, диффузионных и механических волн в условиях обработки поверхности потоком частиц // Вычислительная механика сплошных сред. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 77-90. DOI:10.7242/1999-6691/2021.14.1.7.
4. Nowacki W. On the treatment of the two-dimensional coupled Thermoelastic problems in terms of stresses // Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. Sci. Techn. – 1961. – Vol. 9, No 3.

Сравнительный анализ методов автоматизированного построения компьютерных моделей систем многих тел на примере четырёхосного карданного подвеса

Дорофеев С.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Сухов Е.А.
МАИ, Москва

В современных условиях компьютерное моделирование стало важнейшим инструментом в разработке новых видов техники. Одним из ключевых направлений в данной отрасли является моделирование движения систем многих тел. Подобная задача встаёт при проектировании механической части робототехнических, транспортных и авиационно-космических систем, а также при их эксплуатации. Существует трёхэтапное разделение данной задачи, включающее в себя введение координат, вывод уравнений, численное интегрирование. В настоящее время составе ряда САПР имеются библиотеки, позволяющие выполнять данные действия в автоматическом режиме. Тем не менее, как при работе с подобным программным обеспечением, так и при разработке собственных алгоритмов важно иметь представление о преимуществах и недостатках используемых методов. В частности, это важно в силу того, что САПР, как правило, имеют закрытые исходные коды.

В настоящей работе рассмотрены два основных подхода, применяющихся при автоматическом построении компьютерных моделей систем многих тел. Первый подход подразумевает вывод уравнений движения в форме уравнений Лагранжа I рода в избыточных координатах [1]. Второй подход, описанный в работе [2], основан на введении шарнирных координат. Уравнения движения при этом выводятся в формах уравнений Лагранжа I и II рода.

Сравнение рассматриваемых подходов производилось на примере двух механических систем с различной топологией: четырёхосного карданного подвеса и кривошипно-ползунного механизма. Уравнения движения данных механизмов получены аналитически в нелинейной постановке, а затем численно проинтегрированы в ПО Maple и SimInTech. На основе полученных данных был проведён сравнительный анализ эффективности моделирования. Кроме того, разработано клиент-серверное приложение для визуализации эволюции системы.

Список используемых источников:

1. Nikravesh P. E. «Newtonian-based methodologies in multi-body dynamics». Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part K-journal of Multi-body Dynamics. 2008. 222, p. 277–288.
2. Gim G. H., Nikravesh P. E. «Joint coordinate method for analysis and design of multibody systems: Part 1. System equations». Journal of Mechanical Science and Technology. 1993. 7, p. 14–25.

Определение равновесной поверхности жидкости в условиях микрогравитации

Ефремов С.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф-м.н. Темнов А.Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Изучение статике и устойчивости равновесных форм жидкости в условиях близких к невесомости в ограниченном объеме находятся в поле зрения многих математиков и механиков с середины прошлого столетия. Повышенный интерес изучения данной проблемы обусловлен бурным развитием космических исследований и ракетно-космической техники. Моделирование микрогравитации на Земле технически не просто, а проводить эксперименты в космосе экономически не целесообразно. Поэтому основным инструментом исследования поведения жидкости является математическое моделирование. В качестве ограниченного объема жидкости выступают, как правило, ракетные баки, динамика которых влияет на траекторию космического аппарата.

В данной работе рассматривается бак в форме кругового цилиндра и ставится задача о нахождении равновесной осесимметричной поверхности жидкости. Вводится цилиндрическая система координат и предполагается, что несжимаемая и однородная жидкость и ее пар или какой-либо газ полностью заполняют сосуд с твердой стенкой и находятся в потенциальном поле массовых сил. Решение проблемы разбивается на два этапа: определение условия равновесия и нахождение равновесной поверхности. Условие равновесия (дифференциальные уравнения и граничные условия) получены на основании гидростатики и вариационного принципа стационарности потенциальной энергии. Далее, с помощью аппарата дифференциальной геометрии определена средняя кривизна поверхности. Учитывая условие равновесия, получена система дифференциальных уравнений, которая решается численно методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

Система имеет особенность в точке 0. Для того, чтобы проинтегрировать данную систему необходимо представить аналитическое решение в виде асимптотических разложений в ряд в окрестности нуля. Далее с помощью метода неопределенных коэффициентов нужно выразить это решение через параметры системы (неизвестный параметр C и число Бонда) и подставить некоторое достаточно малое значение в начальные условия, чтобы получить новые, которые соответствуют малому параметру. Специфика также заключается в наличии двух заранее неизвестных параметров, а именно верхней границы интегрирования и дополнительного параметра, которые определяются непосредственно во время процедуры вычисления инкрементов интегрирования на каждом шаге. В данной работе был реализован алгоритм численного интегрирования системы с помощью языка программирования Python. Для визуализации полученной кривой вычислены глубина и объем жидкости, которые зависят от неизвестных параметров дифференциального уравнения.

В качестве результатов были получены дискретное представление равновесной поверхности и графики зависимостей параметров задачи. Также была проиллюстрирована равновесная поверхность жидкости при разных и фиксированных значениях чисел Бонда и угла смачивания.

Список используемых источников:

1. Мышкис А. Д. Гидромеханика невесомости / А. Д. Мышкис. Москва: Наука, 1976.
2. Беляева М.А., Слобожанин Л.А., Тюпцов А. Д., Гидростатика в слабых силовых полях. Сб. «Введение в динамику тела с жидкостью в условиях невесомости», М., ВЦ АН СССР, 1968.

Управление квадрокоптером при деградации винтов

Железнов Д.Е.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

В современном мире беспилотные летательные системы выполняют множество задач, связанных с наблюдением и доставкой малых грузов. Использование таких аппаратов ограничено возможностями средств связи, потому для расширения их возможностей требуется разработка программного обеспечения, реализующего автономное движение квадрокоптера. Автономное управление квадрокоптером имеет множество слабых мест, одним из которых является зависимость от вложенных заранее параметров системы. В случае их отличия от номинальных значений погрешность ожидаемого результата управления будет увеличиваться во времени. Одними из главных параметров квадрокоптера, определяющих его динамику, являются коэффициенты аэродинамических характеристик его винтов. В случае повреждения винтов эти характеристики могут измениться, и реакция квадрокоптера на задаваемое управление значительно изменится. В данной работе рассматривается задача о корректировке управления квадрокоптером в случае значительного изменения аэродинамических характеристик его винтов.

В данной работе построена модель движения беспилотного летательного аппарата в трехмерном пространстве, учитывающая силы тяжести и аэродинамического сопротивления, а также силы и моменты винтов. Построено управление угловыми скоростями винтов квадрокоптера, стабилизирующее его заданное положение.

Разработана процедура выявления изменения аэродинамических характеристик винтов. Она основана на сравнении реальных значений ускорения и углового ускорения квадрокоптера с их ожидаемыми значениями. В случае значительной ошибки запускается процедура корректировки параметров винтов в программе, рассчитывающей требуемые значения угловых скоростей винтов.

С помощью численного эксперимента проверена эффективность разработанной процедуры, а также получены ограничения изменения параметров винтов, при которых стабилизация аппарата возможна.

Управление лопастями при полёте винтокрылого летательного аппарата

Железнов Д.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты в авиационной среде входят в число самых перспективных видов техники. Существующие беспилотники имеют некоторые недостатки, такие как малая управляемость, если говорить про беспилотники самолётного типа, или, например, малая грузоподъемность. Новая концепция летательного аппарата, которая рассмотрена в работе, способна нести большую массу, зависать в определённой точке и обладать повышенной манёвренностью.

Рассматриваемый летательный аппарат представляет собой массивный закрытый корпус в форме осесимметричного эллипсоида с двумя соосными винтами, расположенными по экватору и вращающимися в противоположные стороны. Каждый винт имеет по четыре

лопасти. При этом, управление движением аппарата происходит с помощью контроля углов атаки всех лопаток в зависимости от их положения на экваториальной окружности.

Получены уравнения движения аппарата, учитывающие силы тяжести, аэродинамического сопротивления и аэродинамические силы, действующие на лопасти винтов. В рамках компьютерной симуляции изучено движение аппарата при постоянных значениях углов атаки лопаток.

Рассмотрена задача стабилизации положения аппарата, при котором ось его симметрии вертикальна. Управление углами атаки лопаток построено в виде базового значения, обеспечивающего зависание в требуемом положении, и ПД-регулятора, построенного на возмущениях положения аппарата. Особенностью построенного ПД-регулятора является зависимость управления от положения лопасти на экваториальной окружности.

С помощью численного моделирования подобраны коэффициенты управления, стабилизирующие требуемое положение.

Многокритериальная оптимизация этапа набора высоты воздушного судна в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Иванов Б.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колокольников Ф.А.

Филиал ПАО «Яковлев» «Региональные самолеты», Москва

При выборе траектории полёта воздушного судна необходимо учитывать множество факторов: экономические, экологические, социальные аспекты, а также атмосферные и метеорологические условия. Эти факторы формируют критерии оптимизации, приводя к нелинейной многокритериальной задаче оптимального управления с множеством ограничений. Основные цели оптимизации включают минимизацию расхода топлива, снижение шумового воздействия и сокращение вредных выбросов. Особую сложность представляет необходимость одновременной оптимизации взаимосвязанных параметров в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В вертикальной плоскости ключевыми параметрами являются угол наклона траектории, высота и воздушная скорость, тогда как в горизонтальной — путевая скорость, пройденное расстояние и курсовой угол. В данной работе рассматривается многокритериальная оптимизация этапа набора высоты с сегментацией по вертикальной и горизонтальной плоскостям. Сегментация заключается в формировании вектора состояния, включающего ключевые параметры на каждом участке полета.

Этап набора высоты состоит из сегментов первоначального набора высоты после взлёта, перехода к крейсерской конфигурации, ускорения до заданной воздушной скорости и набора высоты до 10 000 футов. Исследуются три процедуры набора высоты: «STANDARD», «ICAO A» и «ICAO B» [1]. Стоит отметить, что данные процедуры являются рекомендательными и могут отличаться от реальных, но при этом их можно использовать для оценки эффективности оптимизации.

Точки маршрута предварительно задаются пилотами в систему самолетовождения воздушного судна [2]. Маршрут строится из прямолинейных участков и поворотов с постоянным радиусом. Предполагается, что траектория разделена на n сегментов с $n+1$ точками маршрута. По требованиям безопасности повороты запрещены ниже определённой высоты, поэтому первый сегмент всегда является прямолинейным. Соединение двух прямых участков осуществляется одним поворотом с фиксированным радиусом.

Особенностью исследования является использование упрощённой модели динамики полёта в траекторной системе координат для вертикальной и горизонтальной плоскостей с учётом скорости ветра. Модель адаптирована для многокритериальной оптимизации. Управление углом наклона траектории, высотой, скоростью и курсовым углом реализовано через упрощённую систему автоматического регулирования. Работа внутренних контуров управления тангажом и креном моделируется как апериодическое звено с заданной частотой. Изменение тяги двигателя также описывается апериодическим звеном.

Для поиска векторов состояния в вертикальной и горизонтальной плоскостях применяется многокритериальный генетический алгоритм [3]. В последние годы эволюционные алгоритмы активно используются для решения сложных оптимизационных задач в различных областях. Эти методы, вдохновлённые естественным отбором, демонстрируют высокую эффективность в глобальной оптимизации многокритериальных задач [4], что делает их перспективными для формирования оптимальных траекторий воздушных судов.

Результаты экспериментов показали, что генетический алгоритм успешно находит оптимальные векторы состояния, соответствующие заданным критериям. В частности, его применение обеспечило высокую точность решений при умеренных вычислительных затратах.

Список используемых источников:

1. A. Filippone, *Advanced Aircraft Flight Performance*, Cambridge Aerospace Series, Cambridge University Press, 2012 – 635 p.
2. Spitzer, C. R. *The Avionics Handbook* [Text]. – The USA: Williamsburg, Virginia, 2001. – 543 p.
3. Панченко, Т. В. Генетические алгоритмы [Текст]: учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. — 87 с.
4. M. Zhang, A. Filippone, N. Bojdo, Multi-objective optimisation of aircraft departure trajectories, *Aerospace Science and Technology* 79 – 2018, 37–47 p.

Нестационарная деформация полого цилиндра под действием теплового излучения и массопереноса

Казимиров Д.О.

Научный руководитель — доцент, д-ф-м.н. Земсков А.В.

МАИ, Москва

Современное производство и разработка новых перспективных материалов предполагает глубокий анализ сложных физических процессов, проходящих в самих материалах. Эти процессы включают в себя не только механические деформации, но и тепловые поля и многокомпонентную диффузию. Анализ эффектов, возникающих при взаимодействии указанных полей, имеет тот же высокий приоритет и для фундаментальной науки, и для технической практики. Понимание этих процессов позволяет создавать более надежные и эффективные материалы, которые становятся основой для технических систем. Например, содержащие их части используются в трубопроводах, нефте- и газопроводах, системах отопления и конструкциях валов и втулок.

Следует также отметить, что современные технологические процессы, такие как использование лазерной обработки, ионная имплантация, микросборка MEMS (системы обработки с использованием микроэлектромеханических модулей) и т. д., зачастую требуют учитывать волновой характер распространения тепловых и диффузионных возмущений. В то же время эти процессы могут сопровождаться сложными динамическими эффектами, решение которых необходимо для обеспечения точности и стабильности технологических процессов. Одновременно не следует забывать, что взаимодействие различных воздействующих полей в процессе эксплуатации технических систем — авиационной, космической, грузовой и др. — может произвести сильнейшее воздействие на технику. Например, механическая нагрузка, температура и диффузионные процессы вместе могут катастрофически сократить срок службы изделия. Такие множественные воздействия требуют тщательного анализа и предсказания, чтобы снизить риск и обеспечить долгий и безопасный срок службы. Поэтому разработка требуемых методик для моделирования и прогнозирования такого взаимодействия является неотъемлемой частью современной инженерной науки.

Существующие на сегодняшний день подходы зачастую сводятся к упрощённым статическим или квазистатическим моделям или требуют использования дорогостоящих

вычислительных комплексов, основанных на использовании преимущественно численных методов решения начально-краевых задач. Такие подходы затрудняют параметрический анализ напряжённо-деформированного состояния конструкций в зависимости от физических характеристик среды, вида и сочетания внешних нагрузок, формы и продолжительности внешнего воздействия и т. д. Таким образом, чтобы провести глубокий анализ возникающих при этом термомехано-диффузионных эффектов, необходимо найти решение задачи в аналитической форме. Для этого используются преобразования Лапласа и разложение в ряды Фурье. Результаты таких расчётов могут быть представлены как в аналитическом, так и в графическом виде, что позволяет наглядно оценить влияние различных параметров на поведение системы.

В данной работе рассматривается постановка и предлагается метод решения одномерной задачи термоупругой диффузии для сплошного ортотропного многокомпонентного цилиндра, находящегося под действием нестационарных тепловых и диффузионных поверхностных возмущений с учетом конечной скорости переноса тепла и массы. Данная модель хорошо подходит для протяжённых объектов цилиндрической формы, поверхности которых подвержены, к примеру, равномерному нагреву или имеет место равномерный массоперенос.

Математическая постановка задачи включает в себя: одномерное линеаризованное уравнение движения сплошной среды, а также линеаризованные уравнения тепло- и массопереноса, записанные в цилиндрической системе координат [1, 2]. Замыкают постановку задачи краевые условия, соответствующие заданным режимам теплового, механического и диффузионного воздействия на поверхность цилиндра. Считая, что изначально среда находится в невозмущённом состоянии, начальные условия полагаются нулевыми.

Для решения задачи был использован алгоритм, основанный на интегральном представлении искомых полей в виде свёрток функций Грина с функциями, задающими термоупругодиффузионные возмущения на поверхности цилиндра. Для нахождения функций влияния использовалось преобразование Лапласа по времени, разложение в ряды по собственным функциям термоупругодиффузионного оператора. Этот подход позволил свести исходную начально-краевую задачу к системе линейных алгебраических уравнений. Оригиналы по Лапласу полученных из этой системы решений были найдены с помощью стандартных приёмов операционного исчисления по методике, изложенной в [3].

Было сделано несколько численных экспериментов для иллюстрации эффектов связанности механического, температурного и диффузионных полей при различных видах внешних воздействий на поверхность цилиндра. Для визуализации полученных результатов была написана программа в среде Maple. Расчёты показывают хорошее совпадение полученных результатов с аналогичными результатами, полученными ранее при решении задач термоупругости для цилиндрических тел.

Список используемых источников:

1. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Моделирование механо-диффузионных процессов в многокомпонентных телах с плоскими границами. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-9221-1912-2.
2. Зверев Н.А., Земсков А.В. Постановка одномерной нестационарной задачи термомехано-диффузии для цилиндрических тел с учетом релаксации диффузионных и тепловых процессов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелиИЖТа – БелГУТа (Гомель, 16–17 ноября 2023 г.): в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Беларус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель: БелГУТ, 2023. – с. 88–90.
3. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В. Одномерные нестационарные задачи термоупругости: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2023 – 96 с.: ил. ISBN 978-5-4316-1048-6.

Моделирование узла ручки управления планером Козлова Т.С.

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

Ручка управления — критически важный элемент системы управления планером, напрямую влияющий на безопасность и эффективность полета.

Целью работы стала разработка и анализ модели узла ручки управления с последующей оптимизацией его ключевых параметров и характеристик.

В докладе рассматриваются вопросы моделирования и виртуальных испытаний ручки управления планером и узла ее крепления.

Задача на моделирование ручки управления именно планером обусловлена тем, что в летательных аппаратах такого типа не используется технология fly by wires, не предусмотрены бустеры, гидравлические или электрические усилители, а управляющее воздействие на аэродинамические поверхности передается за счет мускульной силы пилота.

Поэтому важным является создание ручки и узлов ее крепления при минимизации веса, но в тоже время с обеспечением требуемого в авиации коэффициента запаса прочности при воздействии на нее пилотом с максимальным усилием, в том числе, в стрессовой ситуации с учетом его физиологических особенностей.

Для достижения поставленной цели решался ряд задач, в том числе обзор существующих конструкций и выбор оптимальной, создание модели узла, определение материалов, проведение прочностного анализа и исследование частот собственных колебаний конструкции [1].

На основе полученных результатов анализа была проведена оптимизация конструкции путем внесения изменений, направленных на повышение прочности, жесткости и снижение веса узла ручки управления. После каждого изменения проводился повторное исследование для оценки эффективности узла, что позволило улучшать конструкцию до достижения оптимальных характеристик.

Список используемых источников:

1. Конструирование узлов планера самолета: учебное пособие / А.В. Лещин, Ю.И. Попов. — Москва: Издательство МАИ, 2017. — 104 с.

О внутренних движениях в плоской слабоэллиптической ограниченной задаче четырёх тел Лавриненко К.М.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Байков А.Е.
МАИ, Москва

Пусть два основных тела равной массы (звёзды) движутся вокруг общего центра масс по эллиптической орбите с малым эксцентриситетом, а два малых тела одной массы (астероиды) движутся в плоскости орбиты основных тел так, что центр масс первых постоянно совпадает с центром масс вторых. Будем считать, что астероиды на движение звёзд не влияют, но испытывают взаимное притяжение.

Ранее эта задача рассматривалась в случае круговой орбиты основных тел [1-3]. Приближённо-аналитическими и численными методами были найдены периодические орбиты малых тел, близкие к круговым [1, 2]. В [3] методом усреднения системы оскулирующих элементов были исследована внутренняя динамика астероидов, находящихся в гравитационной сцепке.

В настоящей работе результаты [3] обобщаются для задачи со слабоэллиптической орбитой основных тел. Построено разложение в ряд возмущающей силовой функции по степеням эксцентриситета орбиты звёзд (далее удерживаются нулевой и первый члены ряда). Система кеплеровых оскулирующих элементов приведена к безразмерному виду и усреднена: сначала по средней аномалии, затем по быстрой переменной, связанной специальной заменой с безразмерным временем и аргументом перицентра. Построен фазовый портрет усреднённой системы, исследованы его бифуркации при изменении

параметров задачи. Получены периодические движения и условно-периодические орбиты двух типов: ротационные и либрационные.

Для строго обоснования результатов о динамике астероидов выписывается функция Гамильтона задачи и упрощается до такого вида, что её невозмущённая часть отвечает интегрируемой по Лиувиллю системе. Тогда существование большого числа условно-периодических орбит полной системы следует из теоремы Колмогорова [4]. Периодические внутренние движения можно построить методом малого параметра; их существование следует из теоремы Пуанкаре.

Список используемых источников:

1. В.В. Белецкий. Об одной задаче А.Ю. Ишлинского // ПММ. 2003. Т. 67. Вып. 4. С. 549–555.
2. Bakker, L.F., Freeman, N.J. Relative equilibria and periodic orbits in a Circular Planar (2+2)-Body Problem. *Celest Mech Dyn Astron* 135, 58 (2023).
3. А.Е. Байков, А.Ю. Майоров. Плоская круговая ограниченная задача четырёх тел: исследование внутренних движений // X Поляховские чтения: Материалы международной научной конференции по механике, 23-27 сентября, 2024 г., Санкт-Петербург, Россия. — СПб: Издательство ВВМ, 2024. С. 193–197.
4. В. И. Арнольд, В. В. Козлов, А. И. Нейштадт. Математические аспекты классической и небесной механики. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 416 с.

Управление квадрокоптером для облёта множества ключевых точек

Меркулов М.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

В последние годы квадрокоптеры применяются во многих сферах человеческой жизни, например, для доставки грузов или для обеспечения наблюдения в труднодоступных местах. На данный момент в большинстве случаев управление квадрокоптерами обеспечивается с помощью оператора, что ограничено возможностями средств связи. Для расширения возможностей применения квадрокоптеров требуется составление алгоритмов их автоматического управления. Автоматическое управление движением квадрокоптера представляет собой комплексную задачу, требующую моделирования движения сложной механической системы в трёхмерном пространстве под действием силы тяжести и сил аэродинамического сопротивления.

В данной работе рассмотрена задача облёта квадрокоптером нескольких целевых точек. Маршрут полёта квадрокоптера строится в виде траектории, состоящей из участков прямых и дуг окружностей. Вдоль прямой происходит перелёт квадрокоптера между окрестностями двух ключевых точек, а в окрестности ключевой точки движение квадрокоптера происходит по окружности.

Обеспечение полёта квадрокоптера в окрестности построенной траектории построено в виде решения задачи преследования квадрокоптером целевой точки, следующей по траектории. Полученное управление обеспечивает устойчивое движение квадрокоптера вблизи построенного маршрута, демонстрируя асимптотическое поведение при движении вдоль прямого участка и отклонение от траектории при движении по участку окружности. Получены скоростные ограничения на движение квадрокоптера для обеспечения заданного ограничения на отклонение от построенной траектории.

Управление движением вибрационного робота по двумерной плоскости

Офицера Т.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

Роботизированные системы в современном мире выполняют всё больше задач, невыполнимых для человека. Предметом исследования данной работы является вибрационный робот. Такие роботы могут иметь герметичный корпус и не иметь внешних

двигателей, что позволяет работать в агрессивных средах. Однако, для обеспечения эффективности сложных аппаратов требуется изучить их динамику. Вибрационным роботам посвящено множество работ, изучающих их стационарные движения, оптимальное управление движением внутренних элементов, но в большей степени эти работы посвящены одномерному движению аппарата [1, 2, 3].

В данной работе построена модель движения вибрационного робота по двумерной плоскости. Рассматриваемый робот состоит из корпуса, представляющего собой треугольную прямоугольную призму, в основании которой лежит равнобедренный треугольник. Вокруг прямой, проходящей через центр масс призмы, перпендикулярной её плоскости симметрии по вертикальным окружностям движутся подвижные внутренние элементы. Радиусы окружностей являются органами управления движением системы.

Построены диаграммы типов движения в пространстве параметров задачи. Получены области значений параметров, отвечающих покою, допустимому движению аппарата и движению с подскоком. Получены параметры оптимальной формы аппарата, при которых область допустимого движения наибольшая.

Рассмотрена задача о перемещении робота из начального положения в требуемое. Траектория перемещения построена в виде пути Дубинса, состоящего из дуг окружностей, соединённых прямой. Управление радиусами подвижных масс при движении робота по участкам траектории представляет собой базовое значение, обеспечивающее требуемое движение в среднем за период обращения масс, и стабилизирующее слагаемое, выполненное в виде PD-регулятора по отношению к возмущениям угла корпуса и отклонения центра корпуса от траектории.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) за счет гранта Российского научного фонда № 24-11-00162, <https://rscf.ru/project/24-11-00162/>.

Список используемых источников:

1. Бардин Б. С., Панёв А. С. О периодических движениях тела с подвижной внутренней массой по горизонтальной поверхности. // Труды МАИ. 2015. Т. 84.
2. Bardin B. S., Rachkov A. A. On periodic motions of a body with an internal moving mass on a rough horizontal plane in the case of anisotropic friction // Journal of Physics: Conference Series 1959 (2021) 012005.
3. Бардин Б. С., Рачков А. А., Чекина Е. А., Чекин А. М. О периодических режимах движения тела по горизонтальной шероховатой плоскости, реализуемых посредством перемещения двух внутренних масс // Компьютерные исследования и моделирование. 2024. Т. 16. №1. С. 17–34.

Математическое моделирование авиационных систем радионавигации

Перфильева В.С.

Научный руководитель — Гнедов А.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Радионавигационные системы играют ключевую роль в обеспечении точного и надежного определения местоположения и навигации воздушного судна. Основными радионавигационными средствами являются:

- Автоматический радиокompас (ADF): используется для определения направления на радиостанцию, что помогает пилотам ориентироваться относительно наземных передатчиков.
- Всенаправленный азимутальный радиомаяк (VOR): предоставляет информацию о направлении относительно станции, позволяя воздушным судам точно определять свое местоположение и курс.
- Система инструментальной посадки (ILS): обеспечивает точное наведение воздушного судна при заходе на посадку, предоставляя данные о глиссаде и курсе.
- Дальномерное оборудование (DME): позволяет определить расстояние до наземной станции, что в сочетании с VOR обеспечивает полную навигационную информацию.

- Радиовысотомер (РА): измеряет высоту полета относительно поверхности земли, что особенно важно при низковысотных полетах и посадках.

- Маркерные радиомаяки (МКР): сигнализируют о прохождении определенных точек на маршруте, часто используются в сочетании с ILS для обозначения ключевых этапов захода на посадку.

- Глобальная система позиционирования (GPS): предоставляет информацию о местоположении и времени в любой точке земного шара. GPS основана на измерении расстояний до спутников с известными координатами, что позволяет определять точное местоположение объекта.

- Система посадки на основе спутниковых технологий (GLS): действует аналогично стандартной системе инструментального захода на посадку ILS, но использует данные от спутниковых навигационных систем.

Математическое моделирование этих радионавигационных систем является критически важным для их разработки, тестирования и интеграции в современные навигационные комплексы. Целью такого моделирования является создание точных и надежных программных имитаторов реальных систем, позволяющих анализировать их поведение в различных условиях эксплуатации без необходимости проведения дорогостоящих и сложных полевых испытаний.

Процесс моделирования начинается с детального анализа физических принципов работы каждой системы, включая распространение радиоволн, взаимодействие сигналов с окружающей средой и динамику движения объектов. Затем разрабатываются математические модели, описывающие эти процессы, которые реализуются в виде программного обеспечения. Особое внимание уделяется выбору языков программирования и сред разработки, обеспечивающих необходимую точность вычислений и эффективность работы моделей.

Тестирование разработанных математических моделей является важным этапом, обеспечивающим проверку их точности, надежности и соответствия реальным условиям эксплуатации. Для этого разрабатываются специальные методики и инструменты, позволяющие проводить детальный анализ работы модели в различных сценариях.

Интеграция разработанных моделей в различные платформы является следующим ключевым этапом. В процедурных стендах модели используются для отработки отдельных навигационных процедур и сценариев, позволяя операторам и инженерам оценивать работу систем в контролируемых условиях. В комплексных стендах модели объединяются с другими системами и компонентами, что позволяет проводить всестороннее тестирование взаимодействия различных элементов навигационного комплекса. Стенды прототипирования предоставляют возможность оценить работу новых или модернизированных систем до их внедрения в реальную эксплуатацию, снижая риски и затраты. В тренажерах модели обеспечивают реалистичную симуляцию навигационных условий для обучения персонала, повышая их квалификацию и готовность к реальным операциям.

Синтез управления четырёхосным карданным подвесом

Петров Н.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

Пилотирование летательных аппаратов сопряжено со значительными риском и требует существенного опыта от пилота. Получение навыков пилотирования на реальных летательных аппаратах приводит к значительным финансовым затратам. В связи с этим особое значение в процессе обучения и тренировки пилота имеют авиатренажеры. Один из вариантов авиатренажёра представляет из себя оборудованное органами управления и средствами визуализации кресло, размещённое в карданном подвесе. Механизм карданного подвеса обладает известным недостатком: при совмещении плоскостей двух рамок подвеса происходит потеря одной степени свободы механизма. Этого можно избежать, добавив

дополнительную рамку подвеса. Система с дополнительной рамкой значительно сложнее в управлении и не имеет строгого решения.

В данной работе рассматривается задача управления механической системой, состоящей из трёх рамок подвеса и целевого объекта. Положение механизма задаётся обобщёнными координатами – углами поворота рамок подвеса. Рамки и объект моделируются твёрдыми телами и имеют произвольные моментно-инерционные характеристики. С помощью управления моторами, приводящими в движение рамки подвеса, требуется обеспечить заданный закон изменения во времени угловой ориентации объекта в абсолютном пространстве.

Значения моментов рамок получены в виде ПД-регулятора по отношению к возмущению координат. Коэффициенты управления получены с помощью численного эксперимента. Полученное управление позволяет избежать складывания рамок при всех допустимых положениях объекта в пространстве.

Разработка программы для компьютерного моделирования прямолинейного безотрывного движения вибрационного робота и верификация программы для поиска параметров оптимального движения

Пучкова В.Д., Образцов Э.В.

Научный руководитель — доцент, Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В представленной работе рассматривается безотрывное прямолинейное движение по горизонтальной шероховатой плоскости вибрационного робота, состоящего из твердого корпуса и математического маятника. Предполагается, что между плоскостью и роботом действует кулоновская сила трения.

Исследования движений подобных систем являются актуальной задачей, которой посвящено много работ. Например, в работах [2, 3] построено оптимальное управление, при котором с помощью углового ускорения маятника максимизируется средняя скорость движения такого робота, а в работе [4] проведено качественное исследование движения робота при заданной постоянной угловой скорости маятника. Однако, задача полного исследования движения подобной системы при изменяющейся угловой скорости пока не решена.

Целью данной работы является разработка программы в системе компьютерной алгебры Maple, которая бы позволила проводить множественные численные эксперименты для моделирования движения описанной системы с различными входными параметрами.

При разработке программы предполагалось, что параметры задачи допускают только безотрывное прямолинейное движение корпуса по плоскости, управление корпуса совершается путем изменения углового ускорения маятника. Также допускалась установка ограничения на максимальное значение модуля углового ускорения маятника.

Разработанная программа была использована при компьютерном моделировании оптимального случая движения робота, описанного в [2, 3]. Поскольку не все нужные для моделирования параметры были представлены в упомянутых работах, с помощью программы был произведен поиск параметров, при которых описанный режим движения возможен. Было показано, что при соблюдении всех ограничений, наложенных на движение робота в [2, 3] в указанных интервалах изменений параметров, описанный режим не достигается.

Список используемых источников:

1. Маркеев А. П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. 3-е изд. — М.; Ижевск: РХД, 2007. — 592 с., 2.
2. Голицына М.В. Периодический режим движения вибрационного робота при ограничении по управлению // Прикладная математика и механика, 2018, №1, с. 627-636.
3. Голицына М.В., Самсонов В.А. Оценка области допустимых параметров системы управления вибрационным роботом // Известия РАН. Теория и системы управления, 2018, №2 стр. 85-101.

4. Bardin B. S., Panev A. S., "On the Motion of a Body with a Moving Internal Mass on a Rough Horizontal Plane", *Rus. J. Nonlinear Dynamics* 14:4 (2018), 519–542.

Метод расчета допусков взаимного положения оптических элементов объективов для систем ДЗЗ с применением ИИ

Рудаков А.А., Якубовский С.В.

ПАО КМЗ, Москва

Задача расчета допусков для объективов дистанционного зондирования Земли крайне важна для выпуска изделий в соответствии с ТЗ заказчика, также необходимо соблюдение сроков выполнения в нем, поэтому предлагается метод расчета допусков с использованием нейронных сетей, для достижения необходимого качества системы, который позволит учесть требования в соответствии с ТЗ, и значительно сократить процесс расчета.

В соответствии с ГОСТ 59277-2020 искусственный интеллект – это «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека».

ИИ – совокупность подходов к обработке сложной информации, как правило отличающейся большими объемами и имеющую разнородную, зачастую плохо формализуемую структуру. Примерами систем ИИ могут послужить обработка информации на естественном языке, распознавание речи и машинное зрение. В качестве основных направлений выделяют задачи классификации (отнесения некоего объекта к определенному классу либо построение системы классов по заданному набору объектов), задачи идентификации (отождествления конкретного объекта по его цифровому образу) и, в последнее время, генеративные задачи, порождающие некий текст (алгоритмы, код).

Популярным разделом машинного обучения являются алгоритмы для создания искусственных нейронных сетей. Нейронные сети являются гибким инструментом для решения задач. В создании нейронной сети существует понятие как процесс обучения – это превращение обучающих данных в целевую информацию и подбор итоговой функции, которая показывает зависимость целевой информации от обучающих данных.

Рассмотрим использование нейросетей в методике расчета допусков по полиномам Цернике, для трехзеркального объектива. Данный метод работает и для двухзеркального объектива с той лишь разницей что в трехзеркальном объективе должны быть зафиксированы два зеркала, вместо одного как в двухзеркальном. При необходимости данная методика позволяет рассчитать допуски и для линзовых систем при задании в качестве исходных данных числа степеней свободы на линейное и угловое смещение оптических элементов.

В данном методе применяются первые восемь полиномов Цернике, в зависимости допусков от полиномов Цернике записываются системой линейный алгебраических уравнений (СЛАУ). Итоговые смещения ищутся с помощью методов реализующих решения СЛАУ. Смещение по оси Z ищется, как среднее между двумя системами.

Метод расчета допусков использует ИИ в качестве основного алгоритма расчета. Используем нейронную сеть в качестве алгоритма расчета. Для ее тренировки берутся 180 тысяч данных, выгружаемых из программы Zemax с шагом от 0 до 31 усл. ед., т.к. у нас есть входные и выходные данные т.е. датасет, состоящий из разности полиномов между номинальной системой и системой с текущим состоянием по 36 полиномов и соответствующих смещениям decZ , decX , decY , tiltX , tiltY в усл. ед.

Применение функций Ляпунова для проектирования межорбитальных околоземных траекторий с малой тягой

Самаров С.Е.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Широбоков М.Г.

МФТИ, Долгопрудный

Изучение физических явлений в атмосфере Земли, задачи дистанционного зондирования Земли и численное моделирование траекторий околоземного перелёта привели к тому, что задача проектирования траекторий межорбитального движения космических аппаратов (КА) с электрореактивной двигательной установкой (ЭРДУ) стала очень актуальной как в нашей стране, так и за рубежом. Однако при построении многовитковых траекторий возникли вычислительные трудности, связанные с оптимизацией этих траекторий. Важный вклад в решение этих проблем внёс В. Г. Петухов, который одним из первых разработал метод управления с обратной связью на основе принципа максимума Л. С. Понтрягина (ПМП), обеспечивающий перелет КА с двигателем ограниченной тяги по многовитковой траектории между некомпланарными эллиптической и круговой орбитами [1]. В последние годы всё большую популярность стали приобретать методы управления, использующие функции Ляпунова. Р. В. Ельников исследовал многовитковый межорбитальный переход с эллиптической на геостационарную орбиту с помощью построения локально – оптимального управления вектором тяги КА с ЭРДУ [2]. А. Петропулос проводил численное моделирование ряда межорбитальных траекторий на основе метода Ляпунова, называя соответствующую функцию Ляпунова «Q – законом» [3]. Д. Атмака и М. Понтани изучали функции Ляпунова с весовыми коэффициентами и сформировали базу данных весовых коэффициентов, отвечающих параметрам исходной и целевой орбит перелёта [4].

Проектирование межорбитальных траекторий на основе метода Ляпунова позволяет в каждой точке вычислять вектор оптимального управляющего реактивного ускорения, однако не решает вопрос проектирования оптимальной траектории перелёта в целом.

Целью данной работы является проектирование многовитковых траекторий межорбитального перелёта КА с ЭРДУ, при движении по которым расходуется возможно меньшее количество топлива. Траектории проектируются на основе прямого метода Ляпунова, позволяющего вычислить вектор реактивного ускорения тяги, управляющий движением КА. Земля считается шаром, обладающим центральным сферически симметричным полем ньютоновского притяжения. В качестве исходной орбиты выбрана круговая солнечно-синхронная приполярная орбита, а целевой орбиты – эллиптическая орбита, применяемая в исследованиях магнитосферы Земли. В качестве примера КА с малой тягой выбран КА с ЭРДУ ПлаС34.

Для выполнения поставленной цели в работе построена функция Ляпунова, зависящая от пяти модифицированных равноденственных элементов (ФЛ5), и функция Ляпунова, зависящая от трёх орбитальных элементов (ФЛ3). Проведено сравнение по затратам топлива и времени перелёта для движения КА по траекториям, спроектированным с помощью ФЛ5, ФЛ3 и Q – закона, а также сравнение свойств траекторий, спроектированных с помощью ФЛ5, ФЛ3, и траекторий, оптимизированных на основе ПМП с помощью пакета KIAM Astrodynamics Toolbox. При оптимизировании траекторий в качестве начальных данных используются параметры КА, исходной и целевой орбит, а также число витков и время межорбитального перелёта, полученные при проектировании траекторий КА на основе ФЛ5 и ФЛ3.

Как показали результаты численного моделирования, КА, движущиеся по траекториям, спроектированным с помощью ФЛ3, расходуют меньше топлива и затрачивают меньше времени на перелёт, чем при движении по траекториям, спроектированным с помощью ФЛ5 и Q – закона. При сравнении оптимизированных траекторий получено, что траектории на основе ФЛ3 ближе к оптимизированным траекториям по затратам топлива, чем траектории на основе ФЛ5.

Список используемых источников:

1. Петухов В. Г. Оптимальные многовитковые траектории выведения космического аппарата с малой тягой на высокую эллиптическую орбиту // Космические исследования, 2009, т. 47, № 3, 271–279 с.
2. Ельников Р. В. Использование функции Ляпунова для вычисления локально-оптимального управления вектором тяги при межорбитальном перелёте с малой тягой // Космические исследования, 2021, т. 59, № 3, 255–264 с. 10.31857/S0023420621030043.
3. Petropoulos, A. E. Low-thrust orbit transfers using candidate Lyapunov functions with a mechanism for coasting // AIAA Paper 2004-5089, AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit, Rhode Island, USA, August 16-19, 2004. <https://doi.org/10.2514/6.2004-4741>.
4. Atmaca, D., and Pontani, M. Near-Optimal Feedback Guidance for Low-Thrust Orbit Transfers // Aerotecnica Missili & Spazio, 2024, Vol. 103, pp. 245-253. <https://doi.org/10.1007/s42496-023-00193-2>.

Комплексная система автономной навигации БПЛА на примере квадрокоптера

Серов П.Г.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Яшина М.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается система автономного управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА), обеспечивающая выполнение полётного задания с использованием различных сенсоров. Система предназначена для автономного взлёта, облёта препятствий в полёте и точной посадки на площадку с визуальными маркерами.

В качестве основных сенсоров используются два лидара(высотомера): один для оценки высоты в процессе полёта, второй — для проверки препятствий в зоне над дроном перед взлётом. Радар применяется для обнаружения препятствий и построения карты окружающей среды. QR-код используется как маркер для визуальной навигации при посадке, обеспечивая высокую точность наведения.

Алгоритмы управления включают проверку свободного пространства перед взлётом с помощью лидара, построение траектории облёта препятствий на основе данных радара и посадку с визуальным наведением по QR-коду. Для облёта препятствий применяется метод поиска пути на основе карт расстояний и алгоритма A*, что позволяет минимизировать отклонения от заданного маршрута. Наведение на посадочную площадку осуществляется с помощью алгоритмов компьютерного зрения, которые корректирует положение аппарата на основе изображения с камеры. Управляющие воздействия формируются на основе координат QR-кода в поле зрения камеры, что позволяет обеспечить точную посадку даже при наличии внешних возмущений.

Для верификации предложенных алгоритмов проведено моделирование работы системы на виртуальном прототипе в среде Gazebo с использованием ROS. Результаты моделирования показали эффективность системы при выполнении полётных заданий с препятствиями и при посадке по QR-коду.

Также рассмотрены алгоритмы компьютерного зрения для полёта в условиях отсутствия СНС. В частности, внимание уделяется использованию оптического потока (optical flow). Алгоритм измеряет изменения положения пикселей между последовательными кадрами, позволяя оценить скорость движения и направление движения аппарата относительно окружающей среды. Это позволяет БПЛА ориентироваться и корректировать траекторию полёта, не полагаясь на внешние навигационные сигналы, что особенно полезно в условиях ограниченного доступа к СНС, например, в помещении или при плохих погодных условиях.

Предложенная система обеспечивает высокий уровень автономности и может быть использована для выполнения полётных заданий в условиях сложной городской или природной среды.

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. Blachut K., Szolc H., Wasala M. et al. Vision based hardware-software real-time control system for autonomous landing of an UAV // 2020.

Исследование пропускной способности перекрёстка при внедрении системы контроля разгона и торможения транспортных средств

Сусоев Н.П.

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

МАИ, Москва

На данный момент одним из перспективных направлений развития является технология подключенных транспортных средств (V2X), которая позволяет транспортным средствам получать информацию о других транспортных средствах, тем самым повышая безопасность и эффективность дорожного движения. V2X (Vehicle-to-Everything) и интеллектуальные транспортные системы (ИТС) тесно связаны друг с другом, поскольку обе технологии направлены на повышение безопасности, эффективности и устойчивости транспортных систем.

Во многих городах мира уже внедрены ИТС для борьбы с проблемой заторов на дорогах. Эти системы позволяют контролировать движение в режиме реального времени и корректировать маршруты движения транспортных средств для выбора наиболее оптимального пути движения. Благодаря ИТС удалось значительно сократить заторы на дорогах в городах.

В 2003 году исследовательская группа в составе А.П. Буслаева, В.М. Приходько, А.Г. Таташева и М.В. Яшиной [1] разработала детерминированно-стохастическую модель транспортного потока и описала правила для нее. Ключевой особенностью данной модели является то, что она учитывает индивидуальный маневр транспортного средства. Данная модель позволяет создавать различные типы поведения автомобиля на дороге в зависимости от типа водителя. В работе [2] дано доказательство эргодичности детерминированно-стохастической модели и ее сравнение с моделью, представленной в работе [1].

Целью данной работы является моделирование движения транспортных средств на перекрёстке и сравнение пропускной способности в зависимости от используемой модели. Также было проведено сравнение среднего времени ожидания проезда перекрёстка, в зависимости от модели.

В данном исследовании рассматривался односторонний перекресток с одной полосой. Перекресток описывается контурной сетью Буслаева. Для сравнения были выбраны модель Нагеля-Шрекенберга [3], детерминированно-стохастическая модель и детерминированно-стохастическая модель, подключенная к ИТС. В первой модели существует вероятностный компонент, который с некоторой вероятностью замедляет транспортное средство, во второй модели существует вероятностный компонент, ускоряющий транспортное средство, в третьей модели ускорениями и замедлениями руководит интеллектуальная дорожная сеть.

С применением высокоуровневого языка C# был разработан программный комплекс позволяющий выбрать одну из трёх описанных моделей, позволяя задавать размеры дороги, количество машин перед запуском моделирования и выбор приоритета движения – либо с использованием случайной величины, либо одно из направлений становится приоритетным.

Список используемых источников:

1. А.П. Буслаев, А.В. Новиков, В.М. Приходько, А.Г. Таташев, М.В. Яшина. Вероятностно-имитационные подходы к оптимизации дорожного движения. · М.: Издательство «Мир», 2003. – 368 с.

2. A.G. Tatashev, M.V. Yashina, N.P. Susoev. Ergodicity of stochastic component for dsm - multi-lane traffic model. Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications. 2022. Т. 5. № 1. С. 367-371.

3. Kai Nagel, Michael Schreckenberg. A cellular automaton model for freeway traffic. Journal de Physique I, EDP Sciences, 1992, 2 (12), pp.2221-2229.

Определение CWE-дефектов программного кода на основе алгоритмов искусственного интеллекта

Таскаев В.И.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Бардин Б.С.

МАИ, Москва

В условиях современной разработки программного обеспечения растущая сложность угроз безопасности требует совершенствования методов анализа исходного кода, направленных на своевременное выявление уязвимостей и дефектов. В этом контексте инструменты статического анализа безопасности (SAST) играют ключевую роль, позволяя обнаружить потенциальные уязвимости на ранних стадиях разработки. Однако существующие методы статического анализа, несмотря на свою значимость, сталкиваются с рядом ограничений, включая высокую частоту ложных срабатываний и трудности при анализе сложных уязвимостей, таких как проблемы аутентификации и конфигурации. В ответ на эти вызовы актуализируется применение алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) с целью повышения точности и скорости анализа исходного кода.

Цель данной работы заключается в разработке классификатора уязвимостей, использующего методы машинного обучения для улучшения процесса статического анализа программного кода на языке C++. Классификатор будет интегрировать возможности существующих SAST-инструментов и дополнен алгоритмами ИИ, что позволит повысить точность и скорость обнаружения дефектов. Основное внимание в работе уделено анализу уязвимостей, классифицируемых в рамках системы Common Weakness Enumeration (CWE), что позволит улучшить стандартизацию терминологии и повысить совместимость с международными стандартами безопасности.

Новизна работы заключается в комбинированном использовании традиционного статического анализа и методов машинного обучения для более точного и эффективного выявления уязвимостей, таких как переполнение буфера, ошибки работы с памятью и другие дефекты, характерные для системного программирования на языке C++. Также исследуется применение различных методов семплирования данных при обучении модели для оптимизации результатов классификации в зависимости от разнообразных типов уязвимостей. Такой подход позволяет повысить точность классификации и адаптировать модель под различные сценарии использования.

В качестве языка программирования для разработки классификатора выбран Python, что обусловлено его популярностью в области искусственного интеллекта и наличием мощных библиотек для работы с машинным обучением, таких как TensorFlow, PyTorch, scikit-learn. Эти библиотеки предоставляют необходимые инструменты для эффективной реализации и обучения моделей, а также для работы с большими объемами данных. Для интеграции с передовыми моделями используется библиотека transformers от Hugging Face, что позволяет работать с трансформерами, такими как BERT, для анализа программного кода и выявления уязвимостей.

Трансформеры, такие как BERT, предлагающие механизм внимания, позволяют значительно улучшить точность анализа программного кода, учитывая зависимости между различными частями программы. Этот подход особенно эффективен для работы с длинными фрагментами кода, где контекст может значительно изменяться. Модели, такие как ModernBERT, оптимизированы для работы с большими контекстами, что делает их особенно подходящими для задач анализа программного кода, где зависимости могут простирались на большие расстояния.

Для классификации уязвимостей в коде используется подход, основанный на эмбедингах, полученных с помощью модели BERT. Каждое слово в исходном коде преобразуется в числовой вектор, который затем передается в классификатор для выявления типа уязвимости. Для многоклассовой классификации применяется функция softmax, что позволяет классифицировать код по различным типам уязвимостей, представленным в системе CWE.

В результате проведенного исследования установлено, что интеграция машинного обучения с традиционным статическим анализом кода значительно повышает точность и эффективность обнаружения уязвимостей. Разработанная методика позволяет улучшить процессы обеспечения безопасности программного обеспечения, предоставляя разработчикам инструменты для своевременного выявления и устранения дефектов. Внедрение алгоритмов ИИ в процесс анализа программного кода открывает новые перспективы для создания более безопасных и стабильных программных продуктов, что подтверждает высокую актуальность данной темы в области безопасности программного обеспечения.

Список используемых источников:

1. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for language understanding. arXiv, 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805>.
2. Warner B., Chaffin A., Clavié B., Weller O., Hallström O., Taghadouini S., Gallagher A., Biswas R., Ladhak F., Aarsen T., Cooper N., Adams G., Howard J., Poli I. Smarter, Better, Faster, Longer: A Modern Bidirectional Encoder for Fast, Memory Efficient, and Long Context Finetuning and Inference. arXiv, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2412.13663>.
3. Трофимов И.В. О декомпозиции метода построения энкодера языковой модели. Программные системы: теория и приложения, 2023, Т. 14, № 1(56), С. 31–54. URL: https://psta.psisras.ru/read/psta2023_1_3154.pdf.

Разработка ПО математических моделей систем пожарной защиты

Туразян Л.В.

Научный руководитель — Гнедов А.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Современные воздушные суда не обходятся без систем пожарной защиты на борту, так как существуют риски возникновения пожара в двигателях, в фюзеляже, в багажных отсеках. Несмотря на современные технологии и строгие меры безопасности, риск возгораний остаётся актуальным из-за множества причин, включая неисправности оборудования, человеческий фактор и случайное воздействие. Поэтому разработка систем пожаротушения является одним из приоритетов для авиационной безопасности.

Системы пожарной защиты, установленные на борту современных воздушных судах, представляют из себя: вычислитель, баллоны с огнегасящей смесью, датчики пожара и дыма, различные предохранители, и ручные огнетушители. Модели таких систем входят в состав стендов различного назначения, которые используются на земле для подготовки пилотов к ситуациям, связанным с воспламенением в различных элементах воздушного судна, не прибегая к реальным лётным испытаниям, так как возникновение внештатных ситуаций может быть опасно даже для опытных пилотов. При этом модели таких систем должны полностью соответствовать по функциональным показателям реальной бортовой системе и позволять осуществлять отработку всех процедур, связанных с использованием СПЗ. В составе модели должны быть реализованы функции имитации отказов, индикации и сигнализации информации от СПЗ в информационном управляющем поле кабины экипажа.

Процесс моделирования данной системы включает в себя изучение требований её работы, включая взаимодействие с другими системами воздушного судна. Затем разрабатывается математическая модель, описывающая все процессы работы системы, которые реализуются в виде программного обеспечения. Выбору сред разработки и языков программирования так же нужно уделить особое внимание, так как они обеспечивают необходимую точность вычислений и эффективность работы модели.

Проверка результатов работы моделей представляет собой ключевой шаг, который гарантирует их точность, надёжность и соответствие условиям применения. Для этого выполняются приёмно-сдаточные испытания и экспертная оценка, которые позволяют осуществлять тщательный анализ функционирования модели в различных сценариях.

Исследование явления биений в электродвигателях с позиции общей теории инвариантов предельных состояний в структурных системах

Фадеев Д.В.

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

МАИ, Москва

Электродвигатели нередко создают вибрационные и акустические сигналы, которые по своему характеру схожи с биениями. Это явление, известное в механике и радиотехнике уже длительное время, представляет собой гармонические колебания с изменяющейся амплитудой. Наиболее глубокое исследование данного феномена, включающее его детальное описание и выявление условий, при которых биения не возникают, было проведено академиком Л.И. Мандельштамом [3]. Тем не менее, несмотря на распространенное мнение о том, что биения «достаточно хорошо изучены и подробно описаны в научной литературе по теории колебаний...» [1], до сих пор остается актуальной проблема определения причин, по которым колебательная система склонна к возникновению биений, на основе простых и доступных критериев.

В рамках исследования был изучен процесс распространения механических колебаний в сплошных средах. Результаты показали, что распространение таких волн в различных материалах связано с деформацией среды (сдвигом, растяжением или сжатием), через которую они проходят. Это позволило предположить, что волновые процессы могут быть описаны с точки зрения напряженно-деформированного состояния (НДС) среды, в которой они возникают и распространяются.

В работе также был предложен новый подход к описанию механизма возникновения биений, основанный на общей теории инвариантов предельных состояний в структурных системах, разработанной авторами [4]. Согласно данной теории, различные природные объекты объединяет общий принцип инвариантов предельных состояний, который выступает в качестве физической основы гармоничного развития структурных систем.

В ходе проведенного исследования разработана круговая диаграмма, отражающая напряженно-деформированное состояние (НДС) предельного равновесия структурной системы в условиях наложения двух гармонических колебаний, действующих в одном направлении. В созданной модели плоское напряженное состояние или состояние двухосного сжатия, определяемое главными напряжениями, было заменено на состояние, которое можно получить при сложении двух колебаний с определяющими параметрами в виде их периодов T_1 и T_2 соответственно. В результате была получена расчетная зависимость периода результирующего колебаний Трез, как инварианта характеризующего предельное состояние структурной системы.

В дальнейшем, анализируя различные состояния системы при переходе от негармонических колебаний к биениям, на основе критерия предельного равновесного НДС [4] были выявлены закономерности, определяющие условия возникновения биений, $\omega_2 - \omega_1 / \omega_1$ (ω_1 и ω_2 соответственно меньшая и большая из частот, обуславливающих возникновение биений) от расчетных значений определяющего параметра НДС, что позволило провести нормировку различных режимов биения на основе параметра ПК(Н) [4].

В данной работе продемонстрирована возможность разработки математической модели, описывающей предельное равновесное состояние структурной системы при наложении двух гармонических колебаний, направленных в одну сторону, с использованием круговой диаграммы напряженно-деформированного состояния (НДС). Предложенный критерий предельного равновесного НДС позволяет классифицировать (нормировать) границы перехода между различными режимами биения.

Сравнение результатов численного анализа разработанной модели с данными теоретических исследований, проведенных другими авторами [1, 2], подтверждает, что оценка предельных НДС на основе критерия предельного равновесного состояния структурной системы обеспечивает корректное качественное и количественное описание характеристик при сложении однонаправленных гармонических колебаний. Это свидетельствует о состоятельности проведенного исследования в целом.

Список используемых источников:

1. Адамия Р.Ш., Лобода В.М. Биение колебаний в металлургических машинах // Динамика и прочность тяжелых машин. Вопросы математического моделирования: Межвуз. темат. сб. научн. трудов ДГУ. – Днепропетровск: ДГУ, 1986. – С.20–27.
2. Большаков В.И., Буцукин В.В. Особенности и задачи исследований биений в приводах металлургических машин // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. – Дніпропетровськ.: ІЧМ НАН України, 2008. – Вип. 17. – С. 267-276.
3. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. – М.: Наука, 1972.– 470 с.
4. Миронов В.А. Инварианты дистортности / В.А. Миронов, Б.Ф.Зюзин. Монография. – Тверь: ТвГТУ, 2015. – 168 с.

Численное моделирование процесса обледенения и удаления льда на 2D-модели воздухозаборника

Фофанов Ю.О., Тонков Е.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Модорский В.Я.

АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь

Одним из аспектов авиационной безопасности является возможность устойчивой работы двигателя в условиях обледенения. В частности, при образовании ледяных наростов на воздухозаборнике (ВЗ) при работе полноразмерного двигателя, большие фрагменты льда могут отколоться и попасть в двигатель, повредив лопатки вентилятора и первые ступени компрессора низкого давления. Также образованные ледяные наросты ухудшают аэродинамику, что приводит к дополнительным потерям полного давления и увеличению неравномерности потока на входе в двигатель.

Существует множество различных систем для удаления льда, образованного на носке ВЗ: пневматические, воздушно-тепловые, электроимпульсные, электротепловые и т.д. [1]. Одной из перспективных является гибридная противообледенительная система (ПОС) с электронагревательным матом (ЭНМ) и электроимпульсными индукторами [2]. ЭНМ, установленный в полости носка ВЗ, нагревает область натекания обводненного потока, не давая образоваться льду в данной зоне. Это приводит к тому, что пленка воды, разделяясь на 2 части, застывает в виде барьерного льда на внутренней и внешней поверхностях носка ВЗ (на границах зоны обогрева). После этого индукторы, расположенные в полости носка ВЗ в области образования барьерного льда, удаляют ледяной нарост с помощью механического воздействия на носок ВЗ. Основными преимуществами данной системы являются: отсутствие отбора воздуха от компрессора для обогрева, относительно малая потребляемая мощность, обеспечение удаления малых фрагментов барьерного льда, которые попадают в двигатель, что уменьшает износ лопаток вентилятора и первых ступеней компрессора. Для более эффективного проектирования данной системы необходимо использовать численное моделирование как процесса обледенения (например, при вибрациях, как в работе [3]), так и удаления льда [4].

Целью данной работы является разработка методики последовательного моделирования задачи обледенения и удаления льда. Задача рассмотрена на 2D-модели ВЗ с гибридной ПОС. Выбор 2D-модели обусловлен простотой как её изготовления, так и верификации получаемых с помощью данной методики результатов.

На первом этапе выполнялся расчет внешнего обтекания 2D-модели ВЗ с дефлектором, служащим для обеспечения соответствия точек растекания потока у 2D-модели ВЗ и полноразмерного ВЗ при работающем двигателе.

На втором этапе выполнялся расчет сопряженного теплообмена между набегающим потоком и носком 2D-модели ВЗ с включенным ЭНМ с учетом моделирования образованных ледяных наростов. Данный этап включал в себя следующие работы:

- 1) моделирование на основании полученного решения внешнего обтекания 2D-модели ВЗ улавливания поверхностью переохлажденных капель воды;
- 2) решение задачи сопряженного теплообмена между обводненным потоком и носком ВЗ с ЭНМ, определение температуры и толщины пленки воды на исследуемых поверхностях;
- 3) моделирование формы и размеров ледяных наростов на 2D-модели ВЗ.

На третьем этапе, после получения льда, выполнялось моделирование его удаления путем решения нестационарной задачи деформирования 2D-модели ВЗ со льдом под действием индукторов. Основными критериями для оценки откола льда являлись критерии максимальных сдвиговых и отрывных напряжений, значения которых получены на основе данных предварительных испытаний системы.

В результате данной работы, разработана методика последовательного моделирования обледенения и удалением льда на 2D-модели ВЗ с гибридной ПОС, которая позволяет получать форму и размеры образованных ледяных наростов на 2D-модели ВЗ при работе ЭНМ, а также оценивать площадь льда, удалённого в результате механического удара индукторов. Полученную методику можно использовать для оптимизации конструкции гибридной ПОС (определение положения ЭНМ и индукторов, оценка потребляемой мощности и т.д.). Для подтверждения адекватности полученных в ходе расчетов результатов, необходима верификация разработанной методики на основании будущих испытаний гибридной ПОС ВЗ.

Список используемых источников:

1. Миляев К. Е., Семенов С. В., Балакирев А. А. Обзор способов борьбы с обледенением в авиационных двигателях // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2019. № 59.
2. T. Strobl, S. Storm, D.S. Thompson, M. Hornung, Feasibility Study of a Hybrid Ice Protection System, in: 6th AIAA Atmospheric and Space Environments Conference.
3. Моделирование влияния вибраций на обледенение конструкции на базе малогабаритной климатической аэродинамической трубы и высокопроизводительного вычислительного комплекса ПНИПУ: монография / В.Я. Модорский, С.Л. Калюлин, Д.С. Максимов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. 116 с.
4. H. Sommerwerk, T. Luplow, P. Horst, Numerical Simulation and Validation of Electro-Impulse De-Icing on a Leading Edge Structure, Theoretical and Applied Fracture Mechanics (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.102392>.

Исследование колебаний стержня при резонансе 1:2 в обобщённой задаче Ситникова

Хитин А.М.

Научный руководитель — профессор, д.ф.м.н. Красильников П.С.
МАИ, Москва

В данной работе рассматривается обобщенная задача Ситникова, при этом стержень целиком принадлежит оси Oz и совершает поступательное одномерное движение вдоль нее.

Наиболее знаменитыми работами по данной тематике являются статьи, посвященные исследованию движений стержня и гантели в центральном силовом поле. В известной работе [1] стационарные движения однородного стержня в центральном гравитационном поле изучены наиболее подробно, описаны типы движений: «спица», «поплавок», «стрела». В статье [2] рассмотрена плоская задача о движении несимметричной гантели в центральном гравитационном поле, исследовано существование и устойчивость установившихся движений. В статье [3] описан новый тип движения гантели, при котором ее центр масс перемещается по нормали к плоскости вращения двух основных тел, в то время как сама гантель непрерывно вращается вокруг нормали. В статье [4] исследована устойчивость относительных равновесий и периодических движений.

Цели работы: построить фазовые портреты, демонстрирующие зависимость скорости стержня от координаты его центра масс для случая круговой орбиты; определить влияние длины стержня на области колебаний, на сепаратису фазового портрета и на период колебаний вдоль замкнутых кривых; найти условие возникновения параметрического резонанса и построить приближенное решения уравнения движения для случая эллиптической орбиты.

При построении фазовых портретов был использован метод фазовой плоскости. В области замкнутых периодических движений стержня период колебаний растёт по мере отклонения координаты центра масс стержня от нуля. В случае неперiodических движений координата центра масс стержня непрерывно растёт по модулю с течением времени и устремляется на бесконечность.

Из уравнения движения стержня в эллиптической задаче получены условия возникновения резонансных колебаний стержня при заданных параметрах системы. При построении приближенного вещественного резонансного решения уравнения Матве обнаружен рост амплитуды колебаний стержня вдоль оси движения при увеличении эксцентриситета эллиптической орбиты основных тел.

Список используемых источников:

1. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1978. С. 456.
2. V.V. Beletsky, O.N. Ponomarev. Parametric analysis of stability of relative equilibrium in a gravitational field. Space Research. 1990, 28, No. 5, pp. 664-675.
3. P.S. Krasilnikov, A.E. Baikov. On the Dumb-Bell Motions in the Generalized Circular Sitnikov Problem, Cosmic Research, 2024, Vol. 62, No. 3, pp. 302-309.
4. V.O. Kalas, P.S. Krasilnikov. On the investigation of stability of equilibrium in Sitnikov problem in nonlinear formulation. Rus. J. Nonlin. Dyn., 2015, V 11, No. 1, pp. 117-126.

Методика создания программно-аппаратного комплекса процедурного тренажерного устройства имитации полета

Хренникова А.С.

Научный руководитель — Лукин В.Н.

ПАО «Яковлев», филиал «Региональные самолеты», Москва

Современные процедурные тренажерные устройства имитации полета (ТУИП) являются необходимым инструментом подготовки авиационного экипажа. Это обусловлено обеспечением ТУИП реалистичной имитации полёта, безопасностью обучения и экономичностью. Для каждого воздушного судна (ВС) требуется разработка своего тренажера, учитывающего особенности ВС. Для экономного производства нужна методика создания ТУИП.

Процессы создания ТУИП характеризуются: высокой стоимостью, длительностью создания и слабой унифицированностью. Опыт создания тренажеров показывает решения либо дорогостоящие, либо слабо учитывающие специфику ВС. В каждом случае производства ТУИП организуется по принципу проб и ошибок. Настоящее исследование направлено на обеспечение производства нового ТУИП, исключая прохождение избыточных вариантов исследования и проектирования.

В публикациях унифицированная методика разработки ТУИП не найдена. Проведенная работа впервые дала обобщенное описание проектирования процедурных ТУИП и используемых методов.

Цель исследования – методика разработки процедурных ТУИП, удовлетворяющих требованиям: реалистичности интерфейсов, экономической эффективности, возможности реализации в условиях предприятия и оперативности внедрения. Задачи исследования: изучить опыт создания ТУИП, выявить части методики, обобщить их; изучить условия производства на предприятии и выявить требования к методике; синтезировать новую методику и проверить ее экспериментом.

Использованы документы с требованиями к ТУИП: Приказ МинТранса РФ от 12.07.2019 г. № 229; Описание конструкции пультов управления самолета SSJ-NEW; Требуемая минимальная конфигурация технических средств; Документ контроля интерфейсов между системами и пультами управления.

Методика создания ТУИП учитывает этапы: анализ потребностей заинтересованных лиц, формирование технического задания, разработку программно-аппаратных решений, тестирование системы, создание документации к продукту.

Анализ потребностей заинтересованных лиц формирует четкие спецификации, на основе которых ведется дальнейшая разработка процедурного ТУИП. Он предваряется сбором информации о требуемых характеристиках ТУИП, включая нормативные требования, эргономические показатели, проект реального ВС и пожелания заказчика. Сбор и анализ обеспечивают адаптивность производства ТУИП, поскольку полно учитывает текущее состояние и изменения в авиационной отрасли и позволяет модернизировать тренажер под новые стандарты.

Методика создания ТУИП реализует принцип модульного проектирования, позволяющего проще изменять составы функций устройств ТУИП и их реализацию.

Она проверена на производстве при разработке виртуальной 2D-модели ТУИП, реализуемая с специализированной ЭВМ с множественными интерфейсами. Внедрение было легким. Сотрудниками она воспринята положительно. Результат производства – СПО изготовлено в назначенные сроки, что обеспечило своевременное начало обучения экипажа. Применение методики позволило получить ТУИП, соответствующего авиационным стандартам инструмента подготовки пилотов с интерфейсами приближенными к реальному ВС.

В результате исследования получена новая методика создания процедурных ТУИП. Методика содержит универсальную последовательность работ, учитывает актуальное состояние рынка и науки. Её особенность полный учёт требований, предъявляемых к ТУИП. Работа обеспечила получение назначенных практического и теоретического результатов.

Список используемых источников:

1. Российский рынок авиационных тренажеров: реалии и перспективы // Фонд знаний «Ломоносов» URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/magazine:0136520>.
2. Авиационные тренажеры: взлететь, не отрываясь от земли // Ростех URL: <https://rostec.ru/media/news/aviatsionnye-trenazhery-vzletet-ne-otryvayas-ot-zemli/#start>.
3. Щедровицкий Г. П. Программирование научных исследований и разработок. – М.: Путь, 1999. – 287 с.
4. Приказ Министерства транспорта РФ «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования к тренажерным устройствам имитации полета, применяемым в целях подготовки и контроля профессиональных навыков членов летных экипажей гражданских воздушных судов» от 12.07.2019 № 229.

Создание программного комплекса для уточнения орбит космических аппаратов

Хрипунов И.В., Носырев А.Н., Фукин И.И.

Научный руководитель — Кузнецов А.А.

МФТИ, Долгопрудный

На сегодняшний день количество объектов на околоземных орбитах стремительно увеличивается. Для осуществления контроля за спутниками, выполняющими задачи ДЗЗ, связи, геодезии и мониторинга околоземного пространства, необходимо уточнять их орбиты.

Целью настоящей работы является разработка программного комплекса для уточнения орбит космических аппаратов. В работе решаются задачи прогнозирования траектории и восстановления орбиты по траекторным измерениям.

Для моделирования движения необходимо рассчитывать силы, действующие на космический аппарат. В предложенном программном комплексе реализована подробная модель сил, включающая гравитационное притяжение Земли (EGM96 и EGM2008),

сопротивление атмосферы (ГОСТ-2004, NRLMSISE00, NRLMSIS2.1), световое давление (с конусной моделью тени и полутени), притяжение прочих небесных тел (точечный потенциал, эфемериды в формате JPL). Представлена возможность учитывать релятивистские поправки, а также эффект альbedo и тепловое излучение планеты. В классических подходах наиболее трудоемким этапом является вычисление гравитационного тяготения Земли. Однако, многомерная интерполяция потенциала на узлах Чебышева-Лиссажу [1] существенно снизила ресурсоемкость расчета гравитационной силы. Аналогичный подход применен для интерполяции моделей атмосферы [2]. Использование интерполянтов кратно ускоряет расчеты и при этом обеспечивает достаточную точность прогноза траектории.

Реализовано численное интегрирование уравнений движения с помощью методов Рунге-Кутты, Дормана-Принса и метода Эверхарта сверхвысоких порядков. Для описания орбиты используются модифицированные равноденственные элементы (МЭЭ). Их применение обусловлено меньшей ошибкой и низкими вычислительными затратами при интегрировании по сравнению с декартовыми координатами и кеплеровыми элементами.

Для восстановления орбиты решается задача взвешенных наименьших квадратов с помощью метода дифференциальной коррекции. Ускорение расчетов достигается заменой части вычислений аналитическими формулами. Получены выражения для матрицы частных производных, связывающей возмущения начальных параметров орбиты с изменениями орбиты в конце временного интервала. В расчете учитываются вековые возмущений от несферичности Земли, что позволяет применять полученную матрицу для восстановления орбиты на значительных интервалах по времени.

Валидация программного комплекса проведена на спутниках CryoSat-2 и Lageos. Восстановление орбиты CryoSat-2 проводилось на трехсуточном интервале, точность составила 10 метров. Орбита Lageos уточнялась на интервале в 7 суток, при этом полученная ошибка не превышает 1 метра.

Список используемых источников:

1. Kuznetsov, A. A., Fukin, I. I., Bazov, S. M., Zavialova, N. A. (2023). Using an Interpolation Model of the Gravitational Potential for HighPrecision Ballistic Calculations. In International Conference on Aerospace System Science and Engineering (pp. 239-247). Springer, Singapore.
2. Хрипунов И. В., Кузнецов А. А., Затикиан И. А. О новом способе ускорения расчета плотности верхней атмосферы // Труды 66-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 1–6 апреля 2024 г. Аэрокосмические технологии. — М.: Физматлит, 2024. — 286 с.
3. Vallado D. A. Fundamentals of astrodynamics and applications. – Springer Science & Business Media, 2001.
4. Curtis H. D. Orbital mechanics for engineering students. – Butterworth-Heinemann, 2019.
5. Everhart E. An efficient integrator that uses Gauss-Radau spacings //International Astronomical Union Colloquium. – Cambridge University Press, 1985. – V. 83. – P. 185-202.

Оценка эффективности поражения воздушной цели осколками

Худяков О.С.

Научный руководитель — к.ф.м-н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

Поражение воздушных целей – сложная задача, требующая большой точности работы систем противовоздушной обороны (ПВО). Требуемая точность может быть достигнута путём оптимизации множества параметров работы систем ПВО, что невозможно без проведения множества экспериментов и потому требует численного моделирования.

В данной работе рассматривается вопрос об оценке эффективности поражения воздушной цели (истребителя F-16) поражающими элементами боевой части зенитной управляемой ракеты (БЧ ЗУР) с помощью проведения численного эксперимента. Построенная процедура численного эксперимента позволяет вычислить степень поражения объекта на промахе – при срабатывании БЧ в различных точках в окрестности цели.

В рамках исследования была построена модель ракеты, учитывающая параметры, определяющие количество осколков. Построены дифференциальные уравнения движения

осколков БЧ ЗУР, учитывающие силы тяжести и аэродинамического сопротивления, действующие на осколки. Также учитывается начальная кинетическая энергия осколков. Для численного решения уравнений движения осколков использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Построенная модель цели представляет собой трёхмерный корпус самолёта, а также множество подсистем самолёта: фюзеляж, кабину пилота, авиационный двигатель, топливный бак, носовой обтекатель, крылья, сопло и составляющие хвостового оперения. Расчёт серьёзности повреждения происходит в момент попадания осколка в части корпуса или подсистем самолёта и зависит от импульса осколка в проекции на нормаль к поверхности цели. Рассмотрены два варианта движения цели – вдоль прямой и по окружности.

Визуализация результатов работы осколков БЧ ЗУР по истребителю F-16 в случае прямолинейного и непрямолинейного движения осуществляется через диаграммы, которые показывают, как изменяется эффективность поражения в зависимости от точки срабатывания БЧ.

Список используемых источников:

1. Неупокоев. Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. 3-е издание, переработанное и дополненное // Москва. Военное издательство. 1991.
2. Robert E. Ball, Ph.D. The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design. 2nd edition // American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 2003. С. 10–62.

Использование гравитационных манёвров для перевода астероида на резонансную с Лунной орбиту спутника Земли

Черненко О.С.

Научный руководитель — к.т.н. Эйсмонт Н.А.

ИКИ РАН, Москва

Астероиды, сохранившие материальные свидетельства ранних этапов формирования Солнечной системы, обладают фундаментальной научной ценностью. Эти реликтовые объекты содержат ключевые данные о механизмах аккреции протопланетного диска и последующей динамической эволюции тел внутренней области Солнечной системы. Кроме того, анализ их химического состава и орбитальной динамики актуален для решения прикладных задач, включая разработку стратегий планетарной защиты и освоение ресурсов внеземного происхождения, учитывая повышенную концентрацию редкоземельных элементов в ряде астероидных спектральных классов.

В настоящей работе предложен метод перевода астероидов на резонансную с Лунной орбиту спутника Земли с использованием каскада гравитационных манёвров [1]. Начальная фаза миссии предполагает приложение астероиду оптимального импульса скорости, корректирующего его гелиоцентрическую траекторию с целью реализации гравитационного манёвра вблизи Земли [2]. Данный подход обеспечивает вывод астероида на орбиту, резонансную с орбитальным периодом обращения Земли вокруг Солнца. Такая конфигурация генерирует периодические низкоэнергетические окна для рекуррентных сближений с системой Земля-Луна, что критически важно для итеративного снижения гиперболического избытка скорости. Последующая цепочка гравитационных манёвров у Луны позволяет последовательно уменьшать геоцентрическую скорость астероида ниже параболического порога, обеспечивая его переход на устойчивую резонансную орбиту с параметрами, сопряжёнными с лунной орбитой [3]. Реализация данной стратегии открывает перспективы для долгосрочного изучения астероидов в околоземном пространстве, минимизации топливных затрат за счёт гравитационных манёвров и возможности изменения траекторий потенциально опасных объектов.

Результаты численного моделирования подтвердили, что последовательные гравитационные манёвры в окрестности Луны снижают геоцентрическую скорость астероида с гиперболических значений ($>11,2$ км/с) до эллиптических (~ 10 км/с), обеспечивая его гравитационный захват.

Дальнейшие исследования будут сфокусированы на оптимизации временных интервалов между манёврами, анализе устойчивости орбиты в рамках задачи N-тел с учётом возмущений от солнечного приливного воздействия и гравитационных аномалий лунного потенциала.

Список используемых источников:

1. Ледков А. А., Эйсмонт Н. А., Боярский М. Н., Федяев К. С., Назиров Р. Р. Управление движением околоземных астероидов. Письма в Астрономический журнал. 2015. Т. 41. № 1-2. С. 72–89.
2. Ледков А. А., Эйсмонт Н. А., Боярский М. Н., Назиров Р. Р., Данхэм Д. У., Шустов Б. М. О возможности наведения малых астероидов на опасные небесные объекты с использованием гравитационного маневра. Астрономический вестник. 2013. Т. 47. № 4. С. 352–360.
3. Ледков А. А., Эйсмонт Н. А., Назиров Р. Р., Боярский М. Н. Способ захвата астероидов на орбиту спутника земли. Письма в Астрономический журнал. 2015. Т. 41. № 8. С. 482–489.

Колебания стратифицированной криогенной жидкости в наклонном цилиндре

Чжан Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Темнов А.Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Среди ряда актуальных задач динамики твёрдых тел, имеющих полости, заполненные жидкостью, выделяется исследование колебаний гидродинамических систем, содержащих неоднородную жидкость. Стратифицированной называется жидкость, физические характеристики (например, плотность, вязкость, теплоёмкость) которой в стационарном состоянии меняются только вдоль одного определённого направления. Наиболее существенное влияние на характеристики движения оказывает неоднородное распределение плотности вдоль направления гравитационного поля — плотностная стратификация. В ходе освоения космоса с подобной задачей неизбежно сталкиваемся при разработке и эксплуатации космической заправочной станции, космического танкера, системы обеспечения жизнедеятельности пилотируемых крупногабаритных космических конструкций. При рассмотрении динамики таких конструкций необходимо учитывать стратификацию жидкого наполнения от градиента температуры или неоднородности силового поля.

Предшествующие работы по колебаниям стратифицированной жидкости в ограниченном объёме показали, что спектр колебаний зависит от геометрической формы сосуда, и занимает отрезок действительной оси в диапазоне от нуля до частоты плавучести [1, 2, 3, 4]. Для цилиндрических резервуаров, вертикальная ось которых параллельна вектору интенсивности однородного силового поля, доказано, что спектр колебаний — точечный, и представляет собой всюду плотное множество действительных чисел, расположенных на указанном выше отрезке [3, 4].

Рассматриваемая задача сформулирована в линейном приближении в виде системы дифференциальных уравнений движения идеальной стратифицированной жидкости в приближении Буссинеска [2], уравнения неразрывности, уравнения изменения возмущённой плотности и граничных условий. В итоге полученная система уравнений сведена к краевой задаче для возмущённого давления.

В настоящей работе обсуждается случай, когда образующая цилиндрической полости не параллельна вектору интенсивности однородного силового поля. Рассмотрен случай, когда переменные разделяются. Получены аналитические зависимости, связывающие собственные частоты с углом наклона резервуара. Результат при нулевом угле наклона совпадает с опубликованным раньше известным результатом в [3]. Когда угол наклона принимает значение 90 градусов, ширина сосуда станет предыдущей высотой, а высота — шириной. Формула остаётся действительной в этом случае.

Определённая собственная частота может быть использована как справочные данные при решении задач устойчивого движения системы, когда сосуд не зафиксированный, а подвижный.

Список используемых источников:

1. Булатов В.В., Владимиров Ю.В. Волновая динамика стратифицированных сред переменной глубины // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». 2015. № 3. С. 58–76.
2. Габов С.А., Свешников А.Г. Задачи динамики стратифицированных жидкостей. – М.: Наука, 1986. 288 с.
3. Темнов А.Н. Колебания стратифицированной жидкости в ограниченном объёме: дис. канд. физ.-мат. наук. Москва. 1984. 192 с.
4. Темнов А.Н. О спектре малых колебаний непрерывно стратифицированной жидкости. – В кн.: Нелинейные проблемы аэрогидроупругости. Труды семинара, Казань. 1979. Вып. 11. С. 183-193.

Численно-аналитическое исследование расщепления многообразий гетероклинических фазовых траекторий в динамической системе спутника-гиростата

Чуйко А.

Научный руководитель — профессор, д.ф-м.н. Дорошин А.В.

Самарский университет, Самара

Изучение хаотических режимов движения космических аппаратов является весьма важным направлением исследований современной динамики космического полета. Такие режимы стоит учитывать при проектировании реальных космических систем, так как малые неточности в задании начального состояния системы с течением времени нарастают и процесс становится непредсказуемым, что может привести к нежелательным последствиям в рамках выполнения космических программ.

Одной из основных причин возникновения хаотических режимов движения является расщепление и многократное пересечения устойчивых и неустойчивых многообразий полостей-сепаратрис при действии периодических возмущений различной природы [1-4]. Поэтому изучение процесса гетероклинического расщепления является важной задачей. В работе рассматриваются первые шаги преобразования Пуанкаре, демонстрирующие расщепленные формы возмущенных многообразий, полученных на интервале времени, равном одному периоду возмущений.

С целью обнаружения хаотического характера движения системы в работе реализован численно-аналитический алгоритм построения эволюции фазовой траектории на основе метода матрицанта [2]. В качестве математической модели движения используются дифференциальные уравнения движения динамически симметричного спутника-гиростата. В работе рассматривается случай при действии внутреннего малого периодического возмущения. Для порождающей системы дифференциальных уравнений спутника-гиростата (при отсутствии возмущений) известны явные аналитические гетероклинические решения, соответствующие движению тела вдоль полостей – сепаратрис [3], которые используются для прямого численного построения возмущенных сепаратрис и аналитической реализации метода матрицанта. Формы эволюции фазовой траектории на основе метода матрицанта иллюстрируют отклонение каждой точки невозмущённой сепаратрисы при возникновении возмущения в момент времени, равном периоду возмущений, где при движении в прямом направлении времени траектория расщепляется на неустойчивое многообразие, а в обратном – на устойчивое.

Для изучаемой системы построены изображения эволюции фазовых траекторий при наличии гармонических возмущений, на которых видны пересечения расщепленных полостей-сепаратрис, что указывает на хаотический характер динамики системы. В дополнение к результатам, полученным с использованием метода матрицанта, реализован численный метод построения эволюции фазовой траектории на основе прямого численного

интегрирования дифференциальных уравнений движения. Результаты моделирования на основе метода матрицанта согласуются с достаточной точностью с результатами прямого численного интегрирования. В дальнейшем, на основе метода матрицанта может быть разработана процедура обнаружения пересечения устойчивых и неустойчивых многообразий возмущенной гетероклинической траектории, а также построения формы расщепленных многообразий.

Список используемых источников:

1. Aslanov, V.S., Doroshin, A.V. Chaotic dynamics of an unbalanced gyrostat (2010) Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 74 (5), pp. 524-535.
2. Anton V. Doroshin, Computing the Heteroclinic Orbits Splitting in Systems Phase Spaces via the Matricant Method (2018) Lecture Notes in Engineering and Computer Science Volume 1, 2018, Pages 428-433.
3. Doroshin, A.V. Heteroclinic dynamics and attitude motion chaotization of coaxial bodies and dual-spin spacecraft (2012) Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 17 (3), P. 1460-1474.
4. Holmes P. J., Marsden J. E. (1983), Horseshoes and Arnold diffusion for Hamiltonian systems on Lie groups, Indiana Univ. Math. J. 32, pp. 273-309.

Разработка и верификация 3D-модели собственного теплового излучения самолета

Юрочкин Г.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Винецкий Ю.Р.

АО «ПО «УОМЗ» филиал «Урал-Геофизика», Москва

Знание закономерностей пространственного распределения собственного излучения летательных аппаратов (ЛА) в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра имеет первостепенное значение в задачах обнаружения ЛА. Наиболее полный анализ этих закономерностей возможен на основе индикатрис силы излучения ЛА – характеристик, определяющих в относительных единицах зависимость силы излучения, испускаемого ЛА, от его направления в собственной системе координат, т.е. от пары значений «угол места (УМ)» – «азимут (АЗ)». На формирование индикатрис определяющее влияние оказывают геометрия объекта и характер температурного распределения на поверхности ЛА: наблюдение при моделировании адекватности параметров и характеристик ЛА требует особого внимания, так как может оказать решающее влияние на интерпретацию результатов.

В работе излагается подход к детальному моделированию индикатрис собственного теплового излучения ЛА, основанный на 3D-моделинге самолета в программной среде «Blender 3D», с целью изучения качественных особенностей индикатрис и, в конечном счете, использования этих особенностей при разработке эффективных алгоритмов обнаружения ЛА. В этом контексте особое значение приобретает надежность результатов моделирования, в связи с чем предусматривалась тщательная верификация получаемых в Blender результатов, способы которой подробно излагаются в работе. Так, первичная верификация производилась путем сравнения Blender-индикатрис с таковыми для «примитивных» ламбертовских 3D-объектов: параллелепипеда, плоского круга, сферы/полусферы, цилиндра, а также для их комбинаций. Индикатрисы таких базовых объектов описываются замкнутыми формульными зависимостями от УМ и АЗ. Полученное совпадение – с отклонениями не более 5% в каждом тесте сравнения при сравнении Blender 3D – результатов с формульными – позволило сделать вывод о надежности избранного способа детального расчета индикатрис применительно ко всем особенностям геометрии планера ЛА и распределению температуры по его поверхности. Для итоговой модели индикатрис применительно к ситуации реального полета конкретного самолета были использованы данные о распределении температур по его поверхности, представленные в [1].

Другим важным требованием к разрабатываемому способу моделирования индикатрис было качество их визуализации и удобство манипуляций с графическими представлениями. Примеры таких представлений, демонстрирующих достижение обоих вышеназванных

качеств, приводятся в докладе и в тексте публикации. Разработанное ПО не только позволяет детально визуализировать результаты, но при этом обладает прекрасной переносимостью, так как не требует никаких дополнительных инструментов, кроме браузера (без доступа к сети Интернет) Реализованы следующие возможности: представление в декартовых и в сферических координатах; масштабирование; различные вращения; быстрое формирование послойных 2D-диаграмм. Названные функции позволяют быстро и надежно проводить качественную оценку получаемых распределений, например, определять значимость вкладов различных элементов в общее значение силы излучения в интересующем диапазоне углов.

Результаты детального расчета индикатрис, выполненного описываемым способом, были сопоставлены с результатами натурных экспериментов, в которых сила излучения измерялась современными техническими средствами регистрации ИК излучения в ходе реального полета самолета [2]. Полученная при этом степень совпадения расчетов с экспериментом в различных качественных деталях формы индикатрис – таких, как «провал» в передней полусфере; слабый рост силы излучения в диапазоне значений АЗ и УМ до $\pm 30^\circ$; адекватная чувствительность модели к «асимметрии» режимов двух двигателей самолета, а также в целом впечатляющее количественное совпадение расчетных данных с экспериментальными, демонстрируемое в технике послойных срезов, – свидетельствует о надежности примененного подхода к расчету индикатрис.

Представленные результаты позволяют обоснованно считать примененный подход надежным и эффективным средством выявления закономерностей пространственного распределения интенсивности собственного теплового излучения ЛА, а разработанное ПО рекомендовать к применению для анализа теплового поля излучения самых различных ЛА.

Список используемых источников:

1. Ракетные двигатели и энергетические установки. Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 70-летию основания кафедры ракетных двигателей Казанского авиационного института (КАИ) (г. Казань, 21–22 мая 2015 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. – 248 с.

2. Натурные измерения тепловых сигнатур высокоскоростного ЛА: методика экспериментов, валидация, визуализация и моделирование / Юрочкин Г.А., Титов А.Г., Винецкий Ю.Р. // Тезисы докладов V Всероссийская научно-техническая конференция «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами» (27-28 ноября 2024 года). — М.: ГосНИИАС, 2024 г. — 301-303 с.

Направление №8 Перспективные материалы и производственные технологии

Секция №8.1 Производственные технологии обработки металлов и сплавов

Определение функциональных зависимостей степени релаксации напряжений от температуры нагрева и времени выдержки при отжиге в условиях скоростного нагрева для овально-витых профилированных трубок из стали 20

Александров Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.

МАИ, Москва

Одной из актуальных задач в областях энергомашиностроения и энергетики остаётся повышение тепловой эффективности теплообменных аппаратов. Это объясняется тем, что повышение эффективности теплообменных аппаратов позволяет сократить их объём, массу, количество необходимых единиц, а также сокращает затраты топлива (теплоты) на энергоустановку в целом.

Один из наиболее перспективных путей повышения эффективности теплообменных аппаратов – это использование различных профилированных трубок. В данной работе рассматриваются овально-витые профилированные трубки, полученные методом холодной деформации из гладких трубок круглого сечения диаметром 25 мм и толщиной 2,5 мм. Материал трубок – сталь 20. Степень деформации составила 15%. Повышение эффективности теплообмена составило порядка 20%.

Основным недостатком таких трубок является то, что вследствие холодной деформации, в структуре металла трубок накапливаются внутренние напряжения из-за наведённого наклёпа, которые могут привести к снижению срока эксплуатации изделий. С внутренней части «узкой» стороны овального сечения трубки, где были наибольшие по величине сдавливающие деформации, наклёп выражен особенно ярко. Поэтому целесообразно произвести отжиг изделия для снятия наклёпа. Но отжиг в обычной печи провести нельзя – трубка потеряет форму. Поэтому выбран метод отжига с использованием скоростного нагрева ($\approx 100^\circ\text{C}/\text{сек}$) пропусканием низкочастотного тока.

Использовались параметры отжига для стали 20: нагрев до температуры 880-900 °C (на 30-50°C выше A_{c3}), выдержка порядка 10 секунд и медленное охлаждение. Анализ показал снижение твёрдости со среднего 173 HV до 153 HV. Это свидетельствует о том, что термическая обработка по режиму отжига обеспечила частичное снятие (релаксацию) внутренних напряжений, созданных наклёпом металла в процессе его деформации. Наклёп исчез не полностью, и по-прежнему остался наиболее высоким в «узкой» части овального сечения с внутренней стороны – там он до ТО составлял 194 HV, после ТО 174 HV. При этом ближе к поверхности твёрдость с «узкой» и «широкой» стороны отличается незначительно: до ТО значения составляли соответственно 161 и 172 HV, после ТО 153 и 150 HV. Трубка полностью сохранила своё исходное (до ТО) структурное состояние. Результат ТО можно объяснить эффектом смещения критических точек стали вверх при высоких скоростях нагрева. Соответственно, данный режим отжига для скоростного нагрева не подходит, так как не позволяет полностью снять наклёп.

Решением задачи является установление оптимального режима отжига с использованием скоростного нагрева. Для этого необходимо изготовить клиновидные образцы под последующую деформацию прокаткой. Таким образом достигается разный уровень деформации на минимальном количестве образцов. Последующий отжиг в условиях скоростного нагрева обеспечивает нормализацию упрочненной структуры. В результате

должна быть получена зависимость степени релаксации напряжений от температуры скоростного нагрева и времени выдержки для стали 20 при разной степени деформации.

Список используемых источников:

1. Кидин И.Н. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов // Монография. — Москва: Металлургия, 1969. — 376 с.: ил.

Влияние противонапряжения на формоизменение металла в процессе безправочного волочения труб из алюминиевых сплавов

Бушуева Н.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.

УрФУ, Екатеринбург

Алюминиевые сплавы являются ключевым материалом в авиастроении. В конструкции современных самолетов широко применяются алюминиевые трубы, используемые в гидравлических системах, топливопроводах, системах воздухозабора и охлаждения, а также в элементах силового каркаса. В авиации часто используются алюминиевые сплавы серий 2XXX, 6XXX и 7XXX. Высокие эксплуатационные требования к авиационным трубам, связанные с работой в условиях высоких нагрузок, перепадов температур и агрессивных сред обуславливают необходимость совершенствования технологий их обработки.

В данной работе рассматривается процесс изготовления труб из сплава 7075 методом безправочного волочения. Алюминиевый сплав 7075 (Al-Zn-Mg-Cu) отличается высокой прочностью, хорошей износостойкостью и сравнительно малым удельным весом, что делает его востребованным в авиационной промышленности. Трубы из этого сплава применяются в конструкции авиационных тормозных систем, а также в системах охлаждения авиадвигателей и электроники [1].

Процесс безправочного волочения труб без противонапряжения можно вести при небольших степенях деформации (до 10–15% за проход), когда минимален риск неравномерного утонения стенки, для толстостенных труб, где устойчивость геометрических параметров сохраняется даже без противонапряжения и в случаях, когда точность геометрии не является критически важной, и допускаются небольшие отклонения в овальности и толщине стенки [2]. Оптимально подобранная величина противонапряжения при безправочном волочении повышает точность геометрии и прочность материала, а также уменьшает риск дефектов. Это особенно важно для авиационных труб, функционирующих при высоких нагрузках.

Целью работы является исследование влияния наличия противонапряжения на параметры формоизменения металла в процессе безправочного волочения. Методикой исследования является численное моделирование методом конечных элементов в программном комплексе DEFORM. Это позволяет спрогнозировать распределение напряжений и деформаций в процессе обработки давлением, оптимизировать технологические параметры и снизить количество дорогостоящих экспериментальных исследований.

Была осуществлена постановка двух задач численного моделирования процесса безправочного волочения трубы из сплава 7075: без противонапряжения и с применением противонапряжения. Использованы следующие исходные данные для постановки задачи: начальный размер трубы – 18х1,25 мм, диаметр калибрующей зоны 12,5 мм. Полуугол наклона волоки 13°. Линейная скорость волочения – 33 мм/с. Коэффициент трения по Кулону 0,05. Для варианта задачи с применением противонапряжения выбрано значение противонапряжения 100 МПа с учетом сопротивления деформации рассматриваемого материала.

В результате проведенного моделирования было установлено, что для варианта решения задачи без применения противонапряжения происходит утолщение стенки. Толщина стенки трубы на выходе из волоки составила 1,35 мм. При этом внешний диаметр трубы составил 12,09 мм. Для варианта волочения с противонапряжением происходит утонение стенки до 1,17 мм. Внешний диаметр трубы составил 12,1 мм. Для обоих случаев характерно отклонение от требуемых размеров по внешнему диаметру. Отклонение в данном случае

объясняется тем, что материал не прилегает к калибрующему пояску в ходе волочения, что отмечалось и в статье [3].

Таким образом, было установлено, что при безоправочном волочении без противонатяжения при заданных условиях процесса стенка трубы утолщается. Если используется противонатяжение, толщина стенки уменьшается.

В ходе анализа напряженно-деформированного состояния было выявлено, что для варианта волочения без противонатяжения характерно неоднородное распределение деформации по стенке трубы. При этом большие по величине значения деформации характерны для внутреннего края стенки трубы. Разница в распределении значения величины интенсивности деформации по толщине стенки составляет 11,16%, что является показателем довольно высокой неоднородности деформированного состояния по сечению стенки трубы. Это в дальнейшем будет иметь негативные последствия с точки зрения влияния на механические свойства трубы, поскольку это свидетельствует о неоднородности проработки структуры материала.

В случае варианта волочения с противонатяжением наблюдается более равномерное распределение величины деформации. Разница в распределении значения величины интенсивности деформации по толщине стенки составляет 2,74%.

Таким образом, в данной работе было проведено сравнительное исследование геометрических параметров и напряженно-деформированного состояния материала в ходе безоправочного волочения с применением противонатяжения и при его отсутствии. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что использование противонатяжения позволяет повысить однородность деформированного состояния и добиться более точных геометрических параметров изделия. Полученные результаты подтверждают зависимость характера формоизменения в стенке трубы в зависимости от отношения толщины стенки к диаметру [4].

Список используемых источников:

1. Khalid M.Y., Kamran R.U., Khan A. Review of recent trends and developments in aluminium 7075 alloy and its metal matrix composites (MMCs) for aircraft applications // *Results in Engineering*. 20:101372. 2023. DOI: 10.1016/j.rineng.2023.101372.
2. Каргин В.Р., Шокова Е.В., Каргин Б.В. Анализ безоправочного волочения тонкостенных труб с противонатяжением // *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва*. 2003. №1(3). С. 82-85.
3. Логинов Ю.Н., Шимов Г.В., Бушуева Н.И. Оценка степени монотонности деформации при безоправочном волочении труб // *Сталь*. 2022. № 2. С. 18-22.
4. Орлов Г.А. Основы теории прокатки и волочения труб. // Учебное пособие. Издательство Урал. унта, 2016. 204 с.

Компьютерный анализ и совершенствование технологииковки слитка из сплава ВТ22

Галкин В.А., Михонов В.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинников А.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Ковка слитков из титановых сплавов является важным этапом технологии производства высоконадежных изделий авиационного машиностроения. Как правило ковка включает в себя сочетание операций осадки и протяжки с целью максимально глубокой проработки грубой литой структуры. В качестве инструмента применяются вырезные бойки, а для удержания заготовки используют манипуляторы различных конструкций.

Титановые сплавы, особенно сильнолегированные, являются низкотехнологичными с точки зрения операций горячей пластической деформации. Причины – в высоком сопротивлении деформации, низкой температуре полиморфного превращения и низкой теплопроводности. Последнее обстоятельство обуславливает образование обширных захлаженных зон на поверхности контакта с холодным инструментом.

В работе, с точки зрения указанных выше проблем, исследована промышленная технологияковки слитка из титанового сплава ВТ22, включающая нагрев цилиндрической заготовки, сочетание осадок и протяжек с промежуточными подогревами и разрезкой на 2 части. Первая цель работы заключалась в исследовании всех этаповковки на предмет превышения температуры полиморфного превращения на операциях, выполняющихся в альфа+бета области. Второй задачей было объяснение неоднородностей макроструктуры на поперечных темплетях кованного прутка в форме четырёх характерно расположенных потемнений, прилегающих к поверхности прутка. В качестве инструмента исследования использовали отечественную САЕ – систему моделирования процессов пластической деформации QForm. Твердотельные модели заготовки и инструмента разработаны в Autodesk Inventor.

Деформация слитка диаметром 435 мм в бета области (Тп.п. + 50°С) чередует осадки и протяжки и заканчивается на диаметре заготовки 450 мм в двухфазной области (Тп. п. – 20°С). Далее следуют только протяжки в двухфазной области до диаметра 195 мм.

Анализ результатов компьютерного моделирования технологии показывает, что на всех этапахковки как в однофазной, так и в двухфазной областях, несмотря на наличие теплового эффекта, температура в объёме заготовки не выходит за указанные выше пределы. Это обеспечивает получение мелкого зерна в кованном слитке и высокие механические свойства материала.

На втором этапе работы моделировали тепловой контакт заготовки и губок ковочного манипулятора при протяжке в двухфазной области. Деформация ведётся циклами: «подогрев – захват заготовки манипулятором через теплоизоляцию – ковка – перехват заготовки во второй манипулятор без теплоизоляции – ковка хвоста – подогрев». Установлено, что при перехвате заготовки без теплоизоляции в четырёх поверхностных областях, соответствующих форме губок манипулятора, формируются обширные захламленные области. Металл в них быстро остывает, что приводит к фиксации более высокотемпературного фазового состава с повышенным содержанием бета-фазы. Бета-фаза впоследствии распадается с формированием мелкодисперсной смеси альфа- и бета-фаз. Именно эти области на макроструктуре воспринимаются как тёмные.

Определение типа и силовых параметров привода установки вибрационного точения

Кудинов Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Владимиров А.А.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова, филиал НИТУ
МИСиС, Старый Оскол

Детали горно-металлургического оборудования работают в тяжелых условиях, требующих применения высокоэффективных конструкционных материалов. Используются стали аустенитного класса, такие как 110Г13Л, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 03Х20Н16АГ6, но их обработка затрудняется из-за высокой вязкости и прочности. Плазменно-механическая обработка является производительным методом, но имеет такие недостатки, как охрупчивание и высокая шероховатость поверхности. [1] Токарная обработка с использованием низкочастотных маятниковых колебаний – менее производительный метод с меньшим количеством недостатков. Глубина резания и скорость подачи варьируются в широких пределах в зависимости от оборудования и материала. [2]

Для решаемой задачи проектировался привод устройства вибрационного точения. Первым этапом выбирался тип привода.

Для определения типа привода были проанализированы недостатки и преимущества различных типов силовых приводов таких как: пневматический, гидравлический, электрический и гибридный типы. На основании предыдущих поисковых исследований были проанализированы приведенные выше типы приводов. Пневматический привод развивает высокие скорости вращения выходного вала, что обеспечивает широкие диапазоны работы проектируемого привода. Но мощности пневматического привода

недостаточно, для обеспечения требуемой мощности обработки. Гидравлический тип привода сохраняет возможность гибкой регулировки выходной скорости вращения, но его ключевым недостатком является потенциальные загрязнения зоны работы разрабатываемого устройства, а также наличие гибких трубопроводов, для нормальной работы которых требуется оснащение рабочего места дополнительными кожухами. Гибридный тип привода может сочетать в себе большее количество преимуществ, но требует более детальной проработки и повышенных требований к условиям работы оборудования и оснащения рабочей зоны, что усложнит технологический процесс и потенциально снизит производительность оборудования. Таким образом для текущей задачи расчета и проектирования был выбран электрический тип привода, в силу простоты его конструкции и технологических возможностей по регулированию и стабильности создаваемого и передаваемого крутящего момента в устройстве.

Эта мощность должна соответствовать максимальным техническим характеристикам оборудования, чтобы гарантировать эффективность и надежность работы. При расчете мощности привода установки вибрационного резания необходимо учитывать кинематическую схему, разработанную для проектируемой конструкции силового привода. Эта схема позволяет визуализировать и проанализировать движение всех элементов установки, что, в свою очередь, помогает более точно определить необходимые параметры для эффективной работы. Исходными данными для расчета служит максимальное усилие резания, которое допускается станком. Это усилие является критически важным, так как оно напрямую влияет на производительность и качество обработки материалов.

Для успешной реализации процесса чернового точения труднообрабатываемых материалов с использованием метода вибрационного резания ключевым аспектом является мощность привода, обеспечивающая необходимую эффективность работы оборудования. В соответствии с конструкцией установки, описанной в патенте 2675440 [3], предусмотрена ременная передача, что позволяет регулировать частоту вращения в широком диапазоне, не теряя при этом мощности, передаваемой на эксцентриковый механизм. Это важное преимущество, так как стабильная мощность привода критически влияет на качество резания и долговечность инструмента.

Анализ зависимостей, полученных в ходе исследования, позволил определить необходимые параметры мощности привода для различных типов станков, используемых в процессе вибрационного резания. При этом учитывались изменения мощности привода с фиксированными размерами плеч установки. Например, для достижения частоты колебаний 25 Гц, с учетом снижения частоты вращения через ременную передачу с соотношением 1/2, была рассчитана необходимая частота вращения электродвигателя. По расчетным формулам было установлено, что для обеспечения данной частоты электродвигатель должен вращаться со скоростью 750 об/мин. Для других моделей металлорежущего оборудования расчеты выполнялись по подобному алгоритму, с учетом максимально возможных мощностей обработки на конкретном оборудовании.

Таким образом, можно сделать вывод, что для эффективного процесса обработки труднообрабатываемых материалов методом вибрационного резания необходимо учитывать множество факторов, включая мощность привода, частоту вращения и передаточные соотношения. Эти параметры должны быть тщательно рассчитаны и адаптированы к конкретным условиям работы, что в свою очередь обеспечит высокую производительность и качество обработки. Комплексная оценка конструкций и приводов при расчете и проектировании вибрационной установки обеспечит возможность ее применения для обработки различных металлов и сплавов, а также для работы с композитными материалами, что расширяет их область применения.

Список используемых источников:

1. Обработка металлов резанием с плазменным нагревом / Резников А.Н., Шатерин М.А., Кунин В.С., Резников Л.А., Под ред. Резникова Л.А. М.: Научно-техническое издательство «Машиностроение», 1986. 232 с.

2. Кудинов Е.А., Владимиров А.А., Макаров А.В., Шаповалов А.И. Исследование абсолютного износа режущего инструмента при механической обработке методом вибрационного точения // Современные проблемы теории машин. 2023. №15. С. 32-36.

3. Патент № 2675440 С1 Российская Федерация, МПК В23В 25/00. устройство для вибрационного резания: № 2017143973: заявл. 14.12.2017: опубл. 19.12.2018 / А.П. Сергиев, А.А. Владимиров, Е.Г. Швачкин.

Определение технологических параметров сверхпластической деформации жаропрочного никелевого сплава ЖС6-КП

Петровичев Д.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Федоров А.А.

МАИ, Москва

Жаропрочные никелевые сплавы применяют для изготовления деталей авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), работающих при высоких температурах, которые достигают 0,8 температуры плавления.

Возможность использования высокоскоростной сверхпластической деформации в технологии обработки жаропрочных никелевых сплавов определяется простотой получения, в результате горячего гидропрессования, мелкозернистой структуры дуплексного типа с размером зерен <8 мкм. При этом возможно обеспечить при высоких гидростатических давлениях температурно-скоростные условия деформации характерные для традиционных видов ОМД.

Впервые на сплаве ЖС6-КП показано, что структура с мелкозернистой составляющей гарантирует увеличение скорости деформации и уменьшение температуры проявления сверхпластичности. Сопротивление деформации снижается в 8 раз до значения $62 \div 68$ МПа.

Новая технология состоит из операций горячего гидропрессования при температуре 1050 и последующей штамповки при высоком гидростатическом давлении (показатель напряженного состояния ($k < -3,6$)). Технология является основой для разработки способов и устройств, которые будут необходимы для изготовления деталей ГТД из жаропрочных никелевых сплавов.

Список используемых источников:

1. Потапов А.И., Гладковский С.В., Коковихин Е.А., Салихьянов Д.Р., Двойников Д.А. Определение сопротивления пластической деформации металлических материалов на автоматизированном пластометрическом комплексе// Diagnostics, resource and mechanics of materials and structures. 2015. №2. с. 24-43.

2. Мочалов Н.А., Галкин А.М., Мочалов С.Н., Парфенов Д.Ю. Пластометрические исследования металлов. – М.: Интермет инжиниринг, 2003. – 376 с.

3. Колпин Ю.Г., Перфилов В.И., Петров П.А., Рябов В.А., Филиппов Ю.К. Сопротивление деформации и пластичность при обработке металлов давлением. М.: Машиностроение, 2011. 244 с.

4. Федоров А.А., Беспалов А.В., Соколов А.В. Основные принципы теории пластичности, М.: Изд-во МАИ, 2018. – 100 с.

Пути повышение качества и свойств литых деталей их никелевых жаропрочных сплавов с равноосной структурой путем применения технологии поверхностного модифицирования

Пилипенко А.А.

Научный руководитель — Битюцкая О.Н.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, Москва

Наиболее теплонагруженные детали ГТД, в частности, турбинные лопатки, получают методом литья по выплавляемым моделям (ЛВМ). Суть метода заключается в получении литых деталей по разовым (выплавляемым, выжигаемым или растворяемым) моделям в многослойных неразъемных огнеупорных формах, прошедших предварительную прокатку, и заливаемых в горячем состоянии.

Турбинные лопатки ГТД являются особо ответственными деталями, которые должны удовлетворять целому ряду требований.

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик материал отливок с равноосной структурой должен обладать оптимальной макроструктурой – примерно одинаковыми по форме и малыми по размеру зернами.

Формированием регламентированной макроструктуры можно управлять с помощью различных технологических приемов – введением специальных добавок как в сплав (объемное модифицирование), так и в состав лицевого слоя керамической формы или стержня (поверхностное модифицирование).

Наибольшее распространение при серийном производстве турбинных лопаток получило поверхностное модифицирование, физический смысл которого заключается в создании на поверхности литейной формы кристаллических соединений с кристаллографической структурой, близкой к структуре заливаемого металла, которая являются центрами кристаллизации. Они имеют ГЦК решетку, являются соединениями атомов переходных металлов (железа, никеля, кобальта) с оксидами алюминия и кремния. В промышленности нашли применение технологические процессы поверхностного модифицирования с использованием в качестве модификатора алюмината кобальта $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, различных растворимых в воде и спирте солей кобальта [1].

С целью получения регламентированной структуры алюминат кобальта вводят в суспензию для первых слоев оболочковой формы. После изготовления керамической формы она подвергается прокатке при температуре не меньше 1000 °С и выдержке не менее 4 часов.

Существенное влияние на размер зерна и однородность макроструктуры отливки оказывает процентное содержание модификатора в суспензии, количество которого не должно превышать 12% от массы суспензии.

Поверхностное модифицирование измельчает макрозерно до размеров 0,3–1,0 мм на глубину 0,8–1,5 мм. Это повышает усталостную прочность в диапазоне температур 20–950 °С на 20%, пластичность – на 10–15 %, долговечность – на ~20 %.

С целью модифицирования внутренней поверхности лопаток применяют способ «двухстороннего» поверхностного модифицирования, в этом случае электрокорундовый стержень пропитывают раствором азотнокислого кобальта и прокалывают при 1200 °С в течение двух часов. При этом азотнокислый кобальт распадается на оксид кобальта и газообразный оксид азота, активный оксид взаимодействует с электрокорундом и образует алюминат кобальта. Это обеспечивает эффективное модифицирование внутренней поверхности отливки [2].

В связи с доказанной эффективностью применения алюмината кобальта при изготовлении отливок с равноосной структурой в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ были разработаны и успешно внедрены на предприятия отрасли 3 его марки: АК-1, АК-2 и АК-3, которые отличаются между собой величиной удельной поверхности.

Применение технологии поверхностного модифицирования при изготовлении отливок турбинных лопаток методом ЛВМ позволяет обеспечить формирование мелкозернистой равноосной макроструктуры, что обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик деталей, тем самым, увеличивая ресурс работы ГТД.

Список используемых источников:

1. Литые лопатки газотурбинных двигателей: сплавы, технологии, покрытия / Под общей ред. Е.Н. Каблова. 2-е изд. М.: Наука, 2006. 632 с.
2. Варфоломеев М.С., Смыков А.Ф. Керамические формы для литья лопаток авиационных газотурбинных двигателей: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2023, – 109 с.: ил.

Исследование структуры поверхности и механических параметров оксидных покрытий легких сплавов

Рузняев А.О., Хрянин С.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Печерская Е.А.

ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза

Разработка и внедрение новых экологически чистых технологий нанесения качественных и надежных покрытий, которые могут обеспечить повышение твердости металлических изделий без сильного увеличения массы, что довольно важно в авиакосмической промышленности

Микродуговое оксидирование (МДО) является одним из наиболее перспективных видов нанесения покрытия, применяемое с целью получения многофункциональных покрытий [1]. МДО-обработка осуществляется с помощью электрохимической реакции, которая проявляется в виде микродуговых разрядов на поверхности изделия, погруженного в электролит. В результате МДО-обработки формируется покрытие, обладающее высокой твердостью, прочностью, низкой химической активностью, а также тепло- и электропроводимостью [2, 3].

Исследования показывают, что использование МДО-покрытий способствует улучшению характеристик, а именно надежности и термоустойчивости компонентов [4]. Целью МДО-обработки является не только повысить технико-экономические показатели изделий, но и получение принципиально новых покрытий, которые обладают уникальными характеристиками. Одним из достоинств МДО является способность формирования многослойных структур, располагающихся на поверхности, с регулирующими морфологическими характеристиками, что особенно важно для различных целей. К недостаткам МДО можно отнести трудности в подборе режима на данном этапе изучения. Кроме того, влияние шероховатости и пористости на время обработки остается недостаточно изученным, что подчеркивает значимость данного исследования.

Экспериментальные исследования проводились на алюминиевых пластинах, обработанных в анодном режиме (сила тока 0,875 А) с варьированием времени процесса. Используя растровый электронный микроскоп VEGA Tescan 3, были обнаружены изменения в размере, количестве пор и развитости поверхности. Измерения зависимости параметров от длительности МДО осуществлялись путем измерения шероховатости на профилометре Mitaka FS150.

Полученные результаты исследования показывают возможность использования МДО в авиационно-космической отрасли, где необходимо сочетание высокой адгезии, термостойкости и управляемой пористости. Развитая структура образцов с увеличенным временем обработки может служить основой для нанесения функциональных покрытий на компоненты авиации или космического летательного аппарата, с дальнейшей целью их защиты от солнечного и ионизирующего излучения. Однако, изменения шероховатости на определенных промежуточных этапах требуют дополнительного изучения, для снижения количества дефектов.

Метод МДО является значительным шагом вперед на пути совершенствования технологии увеличения твердости поверхности материалов, при которой используются плазменные и электрохимические процессы. Универсальность и высокое качество покрытий, полученных с помощью метода МДО, позволяют использовать эту технологию не только в аэрокосмической отрасли, но и в других областях промышленности.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект «Фундаментальные основы цифрового двойника технологического процесса формирования оксидных покрытий с заданными свойствами методом микродугового оксидирования», № 123091800009-1.

Список используемых источников:

1. Голубков П.Е., Мартынов А.В., Печерская Е.А. Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. Пенза, 2018. С. 245-248.
2. Черненко В. И., Снежко Л. И., Папанова И. И., Получение покрытий анодно-искровым электролизом. Л.: Химия, 1991.

3. Тихоненко В. В., Шкилько А. М., Метод микродугового оксидирования// Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2012. №2/13.

4. Печерская Е.А. и др. Исследование влияния технологических параметров процесса микродугового оксидирования на свойства оксидных покрытий // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2019, 24 (4), 363-369.

Разработка методики изготовления эталонов для контроля химического состава алюминиевых литейных сплавов

Саакян В.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Моисеев В.С.

МАИ, Москва

В данной работе приведены результаты анализа известных методик изготовления стандартных образцов, где одним из этапов производства является прессовка литой заготовки с целью избавления ее от несплошностей,

Данный процесс является трудоемким и не всегда нужным. Вследствие этого была разработана методика изготовления СОПов, где литая заготовка получается плотная по структуре и не требует дальнейшей обработки давлением.

Стандартный образец предприятия (СОП) – эталонный образец, который утверждается руководителем предприятия. Стандартные образцы этой категории предназначены для воспроизведения величин, которые характеризуют состав. При этом появляется возможность учесть особенности и задачи конкретной лаборатории. Немаловажным фактором выступает экономическая целесообразность.

В настоящей работе исследован альтернативный способ получения стандартных образцов предприятия для сплавов типа АК7пч методом литья в кокиль. Изучены макро- и микроструктуры, а также дефекты, которые получаются при данном литье. Рассчитаны абсолютные среднеквадратичные отклонения полученных образцов. Проведен сравнительный анализ данных результатов между литыми образцами и образцами такого же химического состава, но подвергнутыми гомогенизации.

Плавку материала для стандартных образцов проводили в электрической печи сопротивления с использованием шамотно-графитового тигля. Для получения СОПов диаметром 45 мм и высотой 14 мм использовали специально спроектированный кокиль.

Для исследования макроструктуры образцы подвергались шлифованию. Готовый шлиф проходил процедуру травления 10% водным раствором натрия. Снимки макроструктур были получены при помощи оптического микроскопа при увеличении $\times 6,7$ - $\times 45$.

Исследования микроструктуры проводились на электронном микроскопе при увеличении $\times 100$, $\times 200$ и $\times 500$.

Моделирование и анализ литейного процесса отливки «Эталон» проводили с помощью СКМ ЛП «PolygonSoft», для определения оптимальных параметров литья.

В результате проведения экспериментов получены результаты:

В результате анализа макроструктуры были выявлены редкие поры на границах образца размером от 62 до 102 мкм. Пористость менее одного балла по шкале ВИАМ.

Микроструктура образцов, подвергнутых гомогенизации, показала однородную структуру.

Рассчитанные допустимые значения характеристик однородности удовлетворяют требованиям ГОСТа 7727-81.

Анализируя результаты расчета СКМ ЛП «PolygonSoft», можно сделать вывод, что принцип направленной кристаллизации нарушен, поэтому, данная система питания работает неэффективно, но может быть предложена для изготовления данных образцов без изменения литниково-питающей системы и параметров литья, т.к. зона с усадкой не используется в работе.

Разработка требований к выбору компонентов комплексного модифицирующе-рафинирующего флюса для силуминов

Сметанин И.С., Федорцов Р.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ряховский А.П.

МАИ, Москва

Понижение эксплуатационных свойств отливок из силуминов возможно в результате охрупчивающего действия, образующихся в их структуре грубых интерметаллидных фаз, неметаллических включений, а также повышенной пористости.

Железо является одной из наиболее вредных примесей, присутствующих в алюминиевых сплавах. Примесь железа резко снижает относительное удлинение силуминов [1]. Малая растворимость железа в алюминии приводит к образованию в силуминах интерметаллидных фаз на основе железа. Чем выше содержание железа в сплаве, тем более грубую форму принимают первичные частицы железосодержащей фазы [2].

Повышенное содержание железа в силуминах возможно при использовании для их приготовления низкосортной шихты, изготовленной из лома и отходов производства, а также при многократном использовании возврата или переплава собственного производства. При этом концентрация железа в сплавах может повышаться до 1% и выше. Одновременно сплавы загрязняются большим количеством окислов и растворенного водорода.

Для повышения эксплуатационных свойств таких сплавов необходимо проведение их модифицирующе-рафинирующей обработки в процессе приготовления сплава перед его разливкой, оказывающей комплексное воздействие на структуру сплава [3]. Такая обработка должна осуществляться как модифицирование структурных составляющих сплава, так и его рафинирование от твердых и газообразных загрязнений.

Настоящая работа посвящена определению требований к компонентам разрабатываемого комплексного модифицирующего флюса, используемого при обработке силуминов с повышенным содержанием железа. Предполагается, что флюс должен обеспечить повышение эксплуатационных свойств отливок, приготовленных из шихты низкого качества или из вторичных силуминов. Повышение свойств должно быть достигнуто в результате модифицирования структурных составляющих сплава, увеличения дисперсности, изменения состава и морфологии железосодержащих фаз, снижения количества неметаллических включений и пористости в отливках.

Компоненты разрабатываемого флюса должны соответствовать следующим требованиям.

1. Должны быть поверхностно-активными веществами, оказывающими длительное модифицирующее воздействие на кристаллы эвтектического кремния, входящего в состав эвтектики (α +Si).

2. Должны являться модификаторами, образующими дисперсные частицы, являющиеся дополнительными центрами кристаллизации для дендритов алюминиевого α -твердого раствора.

3. Должны оказывать модифицирующее воздействие на кристаллы первичного кремния, которые могут образоваться в структуре силумина.

4. Должны являться модификаторами, нейтрализующими вредное влияние примеси железа путем преобразования грубых железистых соединений в более химически сложные соединения компактной формы.

5. Должны обеспечить возможность комплексного модифицирующего воздействия на различные структурные составляющие силуминов, в т.ч. железистые соединения.

6. Должны обеспечить рафинирующее воздействие для очистки сплава от неметаллических включений (окисных частиц и плен) и растворенных газов.

На основании рассмотренных материалов можно сделать вывод, что разрабатываемый флюс должен оказывать комплексное модифицирующее воздействие на структурные составляющие силуминов и железосодержащие фазы, а также рафинировать расплав от шлаковых частиц и растворенных газов. При этом флюс не должен ухудшать эксплуатационные свойства силуминов.

Список используемых источников:

1. Неменёнок Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов. – Минск: Технопринт, 1999, – 270с.
2. Белов Н.А., Белов В.Д. Савченко С.В., и др. Поршневые силумины. Под общ. ред. Белова Н. А. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2011, – 248 с.
3. Shlyaptseva A.D., Petrov I.A., Ryakhovsky A.P., Medvedeva E.V., Tcherdyntsev V.V. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. Metals. 2021; 11(12):1946.

Исследование оптических параметров микроразрядов в процессе микродугового оксидирования легких металлов и сплавов

Шепелева А.Э., Новичков М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Печерская Е.А.

ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза

Предложен метод измерения оптических параметров микроразрядов, заключающийся в фотосъемке поверхности образца во время нанесения МДО-покрытий с использованием системы оптической синхронизации и последующим распознаванием изображений, который позволил исследовать изменение оптических параметров микроразрядов в ходе процесса МДО в пределах одного периода технологического тока [1]. В результате анализа полученных изображений обнаружено наличие не только анодных, но и катодных микроразрядов, которые отличаются по яркости и цвету. Выявлено, что в анодно-катодном режиме, в отличие от анодного, микроразряды имеют меньшую яркость [2]. Результаты наблюдений согласуются с исследованиями других авторов. Метод не требует сложного и дорогостоящего технологического оборудования и позволяет реализовать эффективное управление процессом МДО на основе регистрации оптических параметров микроразрядов.

В результате регрессионного и корреляционного анализа выявлены новые взаимосвязи оптических параметров микроразрядов с формовочным напряжением и временем обработки, а также друг с другом; получено аналитическое описание этих взаимосвязей в форме регрессионных уравнений. Показано, что характер корреляционных зависимостей от напряжения и времени обработки аналогичен (наблюдается обратная корреляция числа микроразрядов от этих параметров и прямая корреляция среднего размера микроразрядов и отношения площадей засвеченных и незасвеченных участков поверхности образца) [3]. Яркость микроразрядов не зависит от формовочного напряжения и времени обработки. Анализ парных корреляций показал, что существуют зависимости размера и яркости микроразрядов от их количества (обратная корреляция), размера и яркости микроразрядов между собой (прямая корреляция) а также зависимость и отношения площадей засвеченных и незасвеченных участков поверхности образца от всех этих параметров. Правильность полученных результатов подтверждается их непротиворечивостью с имеющимися данными о механизме формирования МДО-покрытий.

В результате анализа зависимостей оптических параметров микроразрядов от времени выявлено, что в пределах одного периода технологического тока степень выраженности этих зависимостей различна. В начале анодного полупериода (1-4 мс) наблюдается слабая корреляция (модуль коэффициента корреляции $|r| < 0,4$). В середине анодного полупериода (4-8 мс) модуль коэффициента корреляции сначала возрастает, а затем убывает, что согласуется с результатами визуальных наблюдений.

Определен оптимальный интервал для измерения оптических параметров микроразрядов, в котором интенсивность этих параметров максимальна. Данный интервал соответствует времени 5-7 мс от начала периода (при частоте синусоидального технологического тока 50 Гц).

На основе полученных результатов разработана математическая модель формирования МДО-покрытий, которая позволяет получить зависимость толщины покрытия от времени оксидирования с использованием законов Фарадея для электролиза, формовочных кривых, временных зависимостей отношения площадей засвеченных и незасвеченных участков поверхности образца, а также заряда, прошедшего через гальваническую ячейку. Результаты

экспериментальной проверки показали, что погрешность адекватности предложенной модели не превышает $\pm 10\%$. Модель может быть использована при разработке цифрового двойника процесса микродугового оксидирования.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект «Фундаментальные основы цифрового двойника технологического процесса формирования оксидных покрытий с заданными свойствами методом микродугового оксидирования», № 123091800009-1.

Список используемых источников:

1. Голубков П.Е., Мартынов А.В., Печерская Е.А. Методы измерения температуры в процессе микродугового оксидирования // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. Сборник научных статей Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией Л.Р. Фионовой, Пенза, 2018. С. 245-248.
2. Печерская Е.А. Применение методологии функционального и метрологического анализа к качеству исследования материалов микро- и нанoeлектроники // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2007. Т. 7. № 2. С. 94-98.
3. Печерская Е.А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование. Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина. Под редакцией: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. 2011. С. 436-438.

Секция №8.2 Аддитивное производство и цифровые технологии

Применение трехмерной печати в технологическом процессе формообразования листовых материалов

Будылин Г.М.

Научный руководитель — к.т.н. Маликов С.Б.

МАИ, Москва

В последнее время складывается тенденция повсеместного использования аддитивных технологий (АТ) во многих производственных сферах, что способствует появлению новых отраслей. Это связано с доступностью технологии, ее гибкостью и популярностью, что в свою очередь стимулирует изучение технологии и возможных случаев ее внедрения в целом [1].

Среди преимуществ АТ можно выделить некоторое повышение производительности, упрощение прототипирования и снижение требований к квалификации оператора. Печатные станки сами по себе конструктивно проще, менее зависимы от сервисного обслуживания и дешевле в эксплуатации.

Но несмотря на очевидные преимущества АТ существуют определенные обстоятельства, где их использование нецелесообразно, например: зависимость габаритов изделия от размеров рабочей зоны принтера, ограничения на используемые материалы и наличие сертификации, зависимость от серийности изделий, соблюдение требований, предъявляемых к продукции [2].

Так как полный стремительный переход на АТ и полный отказ от субтрактивных технологий не осуществим и связан со значительными рисками [3], а в некоторых ситуациях и вовсе иррационален, наилучшим вариантом будет симбиоз данных технологий, который позволит нивелировать недостатки обоих вариантов в том или ином виде.

Предметом данного исследования является демонстрация возможностей оснастки, напечатанной из пластикового филамента, в области заготовительного производства при формообразовании листового материала.

При совпадении определенных обстоятельств на производстве, например, таких как требования к точности размеров, шероховатости, количеству продукции и прочее, может возникнуть ситуация, что при переходе на АТ пластиковая оснастка может оказаться не хуже металлической, что было продемонстрировано автором лично в составе группы исследователей при проведении экспериментов.

В качестве примера, на мелкосерийных производствах в ряде случаев себестоимость разработки и изготовления металлической формующей оснастки может не окупиться, однако если изделие позволяет, то можно использовать оснастку, напечатанную на потребительском, относительно дешевом принтере и сэкономить человеко-часы и ресурсы.

В частности, в данной работе автором было обнаружено, что пластмассовая оснастка показала удовлетворительный результат на самых разных материалах: алюминии (АМцМ), меди, стали 20, нержавеющей стали (12Х18Н10Т). Материалы подбирались с учетом их отличающихся физических свойств.

В результате опытов, было выявлено влияние конфигурации и габаритов листа для формовки на конечные габариты и качество полученной заготовки. Учитывая полученные данные, была получена удовлетворяющая технологическим требованиям заготовка на печатной оснастке.

Таким образом было установлено, что при определенных факторах и условиях использование АТ может предоставить уникальные возможности не только на этапе заготовительного производства, но и в других сферах производства [4].

Список используемых источников:

1. Будылин Г.М., Маликов С.Б. 3D-печать: перспективы и ограничения // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023. – М.: Издательство «Перо», 2023. – С. 570.
2. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Анализ факторов, определяющих качество продукции авиационной промышленности // Авиационная промышленность. 2021. № 2. С. 51–53.
3. Маликов С.Б. Метод анализа технического риска при организации подготовки опытного производства деталей: дисс. ... канд. техн. наук. — М.: МАТИ, 2012. — 195 с.
4. Родионов Д.А., Зенкин Н.В. Исследование путей получения металлических изделий методом 3D-печати с последующим литьем по газифицируемым моделям // XXI Всероссийская научно-техническая конференция «МЕХАНИКИ XXI ВЕКУ». 2022. №21. С. 159-162.

Компьютерное моделирование технологического процесса литья стальных отливок в песчаные формы в СКМ ЛП «ПолигонСофт»

Зимин Н.Э., Туяков Т.

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

МАИ, Москва

Применение систем компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) является неотъемлемой элементом цифрового проектирования технологических процессов в литейном производстве. СКМ ЛП позволяют проводить сравнительный инженерный анализ возможных вариантов производственных решений еще на стадии проектирования технологических процессов изготовления литейных заготовок. Компьютерное моделирование позволяет не только выявить возможность образования в отливке различных литейных дефектов, но и проанализировать причины их возникновения. В работе для компьютерного моделирования литья в песчаные формы отливки «Букса» использовалась одна из лучших российских СКМ ЛП «ПолигонСофт». Программный комплекс «ПолигонСофт» позволяет моделировать практически все литейные технологии (литье в разовые и металлические формы, специальные методы литья и т.д.) [1]. Литейная заготовка «Букса» из стали 20ГЛ предназначена для изготовления буксы колесной пары в железнодорожном транспорте, и она испытывает значительные нагрузки со стороны рамы кузова, а также при движении колесной пары. Поэтому в ней не допускается наличие литейных дефектов и применение инструментов компьютерного моделирования с целью их предупреждения является особенно актуальным.

Компьютерное моделирование проводилось для нескольких вариантов спроектированных литниковых систем (ЛС) и применяемых средств технологических воздействий (прибыли, холодильники, экзотермические и изотермические вставки и т.д.) [2]. Проверка заполняемости полости формы и ламинарного течения расплава по ее каналам осуществлялась с помощью гидравлического решателя «Эйлер», а оценка направленно-последовательной кристаллизации узлов отливки решателем затвердевания и пористости «Фурье» СКМ ЛП «ПолигонСофт» [3].

Для этого в инженерно-графической системе была спроектирована 3D-модель отливки «Букса» с ЛС, по которой в сеточном генераторе СКМ ЛП «ПолигонСофт» на базе open-source решения Salome построена сетка конечных элементов, как для отливки с ЛС, так и для формы. В препроцессоре «Мастер» СКМ ЛП «ПолигонСофт» были определены начальные, граничные и контактные условия моделирования на основе параметров и условий технологического процесса (материалы отливки и формы, температурные режимы, коэффициенты теплопередачи между материалами и теплоотдачи в окружающую среду и т.д.), а также параметры расчета. СКМ ЛП «ПолигонСофт» для ускорения настроек расчета и избежания неточностей при их задании позволяет использовать «шаблоны технологических процессов» практически для всех видов литья [1, 3].

Анализ результатов компьютерного моделирования литья отливки «Букса» проводился в модуле «Мираж» СКМ ЛП «ПолигонСофт», предназначенный для визуализации

исследуемых литейных процессов (в данном случае гидравлики заполнения расплавом полости формы и процессов образования твердой фазы при кристаллизации отливки). По результатам компьютерного моделирования были выявлены недостатки рассматриваемых конструкций ЛС, предлагаемых для изготовления отливки «Букса», и сформулированы рекомендации по их улучшению. Дополнительно была проведена оценка влияния предлагаемых технологических средств воздействий на процесс формирования отливки с целью гарантированного получения литой заготовки «Букса» необходимого качества.

В заключение, хотелось бы отметить, что применение СКМ ЛП «ПолигонСофт» позволяет автоматизировать рабочее место технолога-литейщика и значительно снизить как затраты времени, так и средств на проектирование технологического процесса изготовления отливки.

Список используемых источников:

1. Монастырский, А.В. PolygonSoft для литейного производства / А.В. Монастырский, Ю.Б. Власов // Литье и металлургия. 2022. № 3. С. 40–47.
2. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок/ Н.М. Галдин, В.В. Чистяков, А.А. Шатульский; Под общ. ред. В.В. Чистякова. – М.: Машиностроение, 1992. – 256 с.: ил.
3. СКМ ЛП «ПолигонСофт». Руководство пользователя. Версия 2024.1.

Влияние внутрискруктурных полостей на свойства изделий аддитивной печати и методы их минимизации

Камалов Т.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Колпаков В.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Аддитивная печать (АП) активно используется в различных отраслях промышленности благодаря гибкости производства и возможностям создания сложных геометрических форм. Однако одной из ключевых проблем FDM (fused deposition modeling) 3D-печати является образование полостей внутри изделий, что может значительно снижать их механические свойства и эксплуатационную надежность. В данной работе рассматривается влияние полостей на свойства материалов, приводится их классификация и анализируются методы их минимизации, включая конструктивные решения, такие как сопло для печати измененной конструкции [1].

Полости, возникающие в процессе FDM 3D-печати, можно разделить на два основных типа:

1. Микропористые полости ($<0,5d$, где d – диаметр сопла). Они образуются вследствие неполного плавления материала или недостаточной сшивки слоев. Несмотря на небольшой размер, такие дефекты снижают прочность, жесткость и устойчивость материала к нагрузкам, а также способствуют его хрупкости.

2. Макропористые полости ($\geq 0,5d$): возникают при перегреве материала, недостатке слоя или высокой скорости движения печатающей головки. Эти дефекты более заметны и могут значительно ухудшать механические характеристики изделия, вплоть до его разрушения при эксплуатационных нагрузках.

Полости в структуре материала создают локальные концентрации напряжений, что может привести к образованию трещин и разрушению. Микропористые дефекты уменьшают эффективное сечение, на которое распределяются нагрузки, ухудшая прочностные характеристики. Макропористые дефекты, в свою очередь, делают материал менее устойчивым к деформациям, что критично для деталей, работающих под механическими нагрузками. Кроме того, наличие полостей может отрицательно сказаться на термической и электрической проводимости материала, что особенно важно для высокотехнологичных приложений [2, 3].

Для минимизации дефектов, возникающих при аддитивной печати, разработан комплекс решений:

1. Оптимизация параметров печати:

- Настройка температуры экструзии для обеспечения полного плавления материала.

- Коррекция скорости подачи материала и движения печатающей головки для предотвращения неравномерностей в слоях.

- Контроль охлаждения для качественного сцепления между слоями.

2. Использование модифицированных материалов:

- Применение композитных материалов с улучшенными характеристиками вязкости и адгезии.

- Добавление наночастиц или армирующих волокон для повышения плотности структуры.

3. Постобработка изделий:

- Термическая обработка для устранения остаточных напряжений и частичного заполнения пор.

- Химическая и механическая обработка для уплотнения поверхности и внутренних структур.

- Импрегнация полимерными или металлическими составами для увеличения плотности изделия.

4. Конструктивное решение: сопло измененной конструкции: в рамках исследования также было разработано сопло для печати измененной конструкции, позволяющее уменьшить вероятность образования полостей. Улучшенная геометрия сопла способствует более равномерному распределению материала, предотвращая перегрев и неполное спекание слоев. Это решение дополнительно повышает качество изделий, снижая риск появления дефектов в процессе печати [4].

Для своевременного выявления полостей применяются передовые методы диагностики:

- Ультразвуковая дефектоскопия – выявление дефектов по изменению акустических характеристик материала.

- Рентгеновская томография – высокоточная визуализация внутренних структур, позволяющая обнаружить даже мельчайшие дефекты.

- Микроскопия высокого разрешения – детальный анализ микропористых дефектов и их влияния на механические свойства материала.

Полости в аддитивной печати являются серьезной проблемой, снижающей механические, термические и электрические свойства изделий. Их систематизация и классификация позволяют лучше понимать механизмы их образования и разрабатывать эффективные методы минимизации. Применение оптимизированных параметров печати, модифицированных материалов, постобработки и конструктивных решений, таких как сопло измененной конструкции, в сочетании с передовыми методами диагностики, значительно улучшает качество изделий, снижая влияние полостей на их эксплуатационные характеристики.

Список используемых источников:

1. 1. Гибсон И., Розен Д. В., Стакер Б. (2015). Аддитивные технологии производства: 3D-печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство.

2. 2. Деброй, Т., Вэй, Х., Зубак, Дж. С., Мукерджи, Т., Элмер, Дж. У., Милевски, Дж. О., ... и Чжан, У. (2018). Аддитивное производство металлических компонентов – процесс, структура и свойства. Прогресс в материаловедении, 92, 112-224.

3. 3. Фрейзер, У. Э. (2014). Аддитивное производство металлов: обзор. Журнал материаловедения и производительности, 23 (6), 1917-1928.

4. Камалов, Т. В. (2023). Исследование влияния пористости на механические свойства изделий, изготовленных методом аддитивной печати. Вестник новых технологий, 12(3), 45-58.

Исследование влияния отклонения стенки заготовки от угла наплавления в прямом лазерном выращивании

Кретов К.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Хаймович А.И.

Самарский университет, Самара

Аддитивные технологии (АТ), включая прямое лазерное выращивание (ПЛВ), активно используются в различных отраслях промышленности, такие как авиационная, космическая, энергетическая, атомная, судостроительная и других. АТ значительно повышают производительность, снижают затраты на производство и обеспечивают гибкость в создании сложных геометрических форм и структур. ПЛВ позволяет создавать заготовки с высокой точностью и сложной геометрией, что особенно важно для аэрокосмической и атомной промышленности, где требуются компоненты с минимальными отклонениями от заданных размеров и форм.

Цель работы — исследование влияния отклонения стенки заготовки от угла наплавления в процессе ПЛВ. В рамках исследования были разработаны и оптимизированы технологические параметры для минимизации отклонения выращиваемой стенки и повышения её качества.

В ходе исследования были созданы модели тонкостенных образцов с различными углами наклона стенок (от 90 до 45 градусов), которые выращивались на аддитивной установке ПЛВ ИЛИСТ-L из металлопорошковой композиции стали 316L. Выбор данного материала обусловлен его высокой коррозионной стойкостью, прочностью, что делает его перспективным для применения в ракетостроении, авиастроении и атомной промышленности. Высота слоя при выращивании образцов составила 0,6 мм, а диаметр лазерного пятна — 2 мм, мощность лазерного излучения 1200 Вт, скорость наплавки 20 мм/с, расход порошка 20 г/мин. Образцы выращивались при неизменном положении оси инструмента. Всего выращивалось 10 образцов с шагом 5 градусов.

После завершения процесса выращивания проводился контроль геометрических параметров полученных образцов с использованием измерительных инструментов и оптических систем. Полученные данные сравнивались с результатами моделирования, выполненного с помощью САЕ-системы. Это позволило выявить факт соответствие компьютерного расчета с полученным результатом, что открывает дальнейшую возможность для изучения прогнозирования процесса ПЛВ.

Результаты исследования показали, что отклонение стенки заготовки от угла наплавления оказывает значительное влияние на качество получаемых заготовках, при заданных режимах. При углах наклона стенки более 70 градусов наблюдался срыв процесса ПЛВ и не формирование стенок образцов, что говорит о критическом угле выращивания. Для минимизации данного эффекта было предложено оптимизации технологических режимов, такие как изменение скорости наплавления, изменение параметров подачи порошка и лазерного излучения.

Таким образом, результаты данной работы имеют важное практическое значение для оптимизации процессов ПЛВ и повышения качества получаемых заготовок. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на разработку комплексных моделей и алгоритмов для автоматического управления технологическими параметрами ПЛВ с целью минимизации отклонений стенки и повышения качества.

Список используемых источников:

1. Иванов С. Ю. и др. Анализ напряженно деформированного состояния стенки из титанового сплава ВТ, полученной методом прямого лазерного выращивания //Фотоника. – 2019. – Т. 13. – №. 7. – С. 634-640.

Использование деталей, изготовленных методом SLM из легированной стали 316L в авиационной и аэрокосмической сферах

Кушнир И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Адылина А.П.

Московский Политех, Москва

Сталь 316L – это легированный нержавеющей сплав, характеризующийся высокой коррозионной стойкостью. Сталь 316L находит широкое применение в аддитивном производстве методом селективного лазерного плавления (SLM), за счёт механической прочности и свариваемости. Данный способ позволяет создавать сложные геометрические формы, что открывает новые возможности для проектирования и производства легких и прочных конструкций.

Способ аддитивного производства актуален для деталей авиационной и аэрокосмической промышленности. Применение стали 316L в SLM-печати обусловлено ее необходимостью сохранения механических свойств при высоких температурах, что является обязательным для работы в экстремальных условиях.

Примером подтвержденного использования стали 316L в авиации является производство компонентов для реактивных двигателей. Благодаря высокой коррозионной стойкости, детали, напечатанные методом SLM, могут успешно действовать в условиях агрессивной среды, например при воздействии выхлопных газов и сгорании топлива. Компания «Siemens Energy» использует SLM-печать для производства лопаток турбины из различных сплавов, включая сталь 316L, что позволяет снизить вес, улучшить аэродинамику и повысить эффективность работы двигателя.

В космических исследованиях сталь 316L находит применение в производстве компонентов топливных систем, элементов крепления, теплообменников и корпуса датчиков. Компания «SpaceX» использует SLM-модели для изготовления компонентов ракетных двигателей из сплавов, обладающих высокой прочностью и термостойкостью, включая сталь 316L. Кроме того, сплав может применяться для изготовления прототипов и деталей мелкосерийного производства для бортовых приборов, требующих высокой точности и устойчивости в условиях космического пространства. Применение SLM-печати позволяет сократить сроки производства, снизить затраты и обеспечить высокую гибкость при проектировании и изготовлении компонентов.

Важно отметить, что для успешного применения стали 316L в SLM-печати необходимо учитывать особенности технологического процесса, включая оптимизацию параметров лазерного излучения, контроль температуры и последующую обработку. Эффективность управления качеством критически важна для обеспечения надежности и безопасности функционирования компонентов в условиях экстремальных нагрузок и высоких требований к эксплуатационным характеристикам. Применение информационных технологий позволяет осуществлять мониторинг и контроль параметров процесса SLM в режиме реального времени, обеспечивая стабильность и повторяемость результатов. Системы компьютерного моделирования и имитации позволяют оптимизировать геометрию деталей и параметры печати, минимизируя риски возникновения дефектов, таких как пористость, трещины и остаточные напряжения. Внедрение систем автоматизированного контроля качества, основанных на неразрушающих методах, таких как ультразвуковой контроль и рентгеновская томография, обеспечивает выявление внутренних дефектов и соответствие деталей заданным требованиям. Для достижения требуемых характеристик и максимальной точности размеров детали необходимо производить высокоточную термическую и механическую обработку, а также компьютерное моделирование процесса.

Исследования показывают, что детали аддитивного процесса из стали 316L демонстрируют высокие механические и конструкционные свойства в случае оптимизации параметров процесса печати. В некоторых случаях данные свойства лучше, чем у деталей, изготовленных традиционными методами. Необходимо исследовать и применять технологию аддитивного производства деталей для аэрокосмической и авиационной сферы при разработке и создании летательных аппаратов конструкторскими бюро нашей страны.

Список используемых источников:

1. Сотов А. В., Агаповичев А. В., Красков М. А., Вдовин Р. А., Смелов В. Г., Исследование морфологии поверхности частиц металлических порошков для технологии селективного лазерного спекания, сборник статей Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара, Секция 3. Двигателестроение, с 246.

2. K. Antony, N. Arivazhagan, K. Senthilkumaran, Numerical and experimental investigations on laser melting of stainless steel 316L metal powders, J. Manuf. Process. 16 (3) (2014) 345–355, <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2014.04.001>.

3. B. AlMangour, D. Grzesiak, J.M. Yang, Selective laser melting of TiB2/316L stainless steel composites: The roles of powder preparation and hot isostatic pressing post-treatment, Powder Technol. 309 (2017) 37–48, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.073>.

Применение аддитивных технологий в элементах изделий ракетно-космической техники

Мамедов Р.В., Лазарев А.М., Меликов Н.Э.

Научный руководитель — Падакла М.А.

АО «Котлин-Новатор», Санкт-Петербург

Технология изготовления ракет традиционным способ, то есть изготовления узловым методом, сильно устарела. На сегодняшний день существуют разные технологические приёмы, которые способны упростить технологию изготовления ракеты, снизить стоимость, а также улучшить её технические характеристики. Одним из таких методов является печать металлами, или аддитивные технологии (АТ).

На данный момент существует множество способов печати металлами. Рассмотрим основные технологии печати:

1. селективное лазерное плавление (Selective Laser Melting, SLM);
2. прямое лазерное спекание металла (Direct Metal Laser Sintering, DMLS);
3. формирование металлической сети с помощью лазера (Laser Engineered Net Shaping, LENS);
4. электродуговое плавление металлической проволоки, или проволочнодуговое аддитивное производство (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM).

Первые два метода не подходят, поскольку есть сильное ограничение в габаритах производимых деталей и сам метод дорог в использовании.

Третий метод, помимо ограничения габаритных размеров, ограничен и по скорости печати.

За основной метод печати был выбран четвертый метод – электродуговое плавление металлической проволоки.

В качестве прототипа для исследования была выбрана межконтинентальная баллистическая ракета большой дальности 8K99.

Введем допущения при печати деталей:

1. Напечатанную деталь считаем литой, поскольку данная технология подразумевает наплавление, а не сваривание;

2. Считаем деталь уже прошедшую термообработку.

В качестве первой рассматриваемой детали возьмем переходный отсек с АТ.

Рассчитав массовые и прочностные характеристики переходного отсека с использованием АТ и сравнив их с исходным отсеком, было получено, что масса отсека выросла. Это связано с тем, что плотность выбранного материала выше, чем исходного. Стартовая масса станет также больше, что может повлиять на дальность. Чтобы снизить массу, необходимо её оптимизировать. Для этого уменьшим толщину стенки обечайки, так как основную массу составляет именно она и проанализируем график изменения массы от толщины стенки и напряжения.

Коэффициент запаса прочности исходного отсека – 3,6. Пересчитав с таким же коэффициентом на новый метод, получаем напряжение в 230 МПа. Возьмем толщину стенки 1,3 мм.

Сравним полученные результаты:

1. Исходный переходной отсек.
 - a. Материал – Д16Т;
 - b. Масса – 190,65 кг;
 - c. Максимальное напряжение – 98,03 МПа;
 - d. Плотность – 2770 кг/м³;
2. Переходной отсек с АТ до оптимизации.
 - a. Материал – Ti-6Al-4V;
 - b. Масса – 303,72;
 - c. Максимальное напряжение – 52,26 МПа;
 - d. Плотность – 4430 кг/м³;
3. Переходной отсек с АТ после оптимизации.
 - a. Материал – Ti-6Al-4V;
 - b. Масса – 180,86 кг;
 - c. Максимальное напряжение – 234,23 МПа;
 - d. Плотность – 4430 кг/м³;

За счет изменения толщины стенки удалось снизить массу, уменьшив толщину обечайки, которая составляет большую часть массы отсека. При этом удалось сохранить коэффициент запаса прочности, близкий к отсеку с материалом Д16Т.

В качестве второй рассматриваемой детали возьмем топливный отсек с АТ.

Сделаем то же самое с топливным отсеком. Масса отсека после применения АТ значительно увеличилась. Сделаем оптимизацию массы отсека. Цель – минимальная масса. Ограничение – напряжение 500 МПа. Изменяем толщину стенки обечайки и толщину днища.

За счет изменения толщины стенки до 3 мм и уменьшения толщины верхнего и нижнего днища до 10 мм удалось снизить массу до 552,29 кг, при этом не потеряв в устойчивости топливного отсека, так как новый материал имеет предел текучести выше в 4 раза, чем у алюминиевого сплава АМг6.

Сравним полученные результаты:

1. Исходный топливный отсек.
 - a. Материал – АМг6;
 - b. Масса – 716,31 кг;
 - c. Максимальное напряжение – 150,9 МПа;
 - d. Плотность – 2640 кг/м³;
2. Топливный отсек с АТ до оптимизации.
 - a. Материал – Ti-6Al-4V;
 - b. Масса – 1192,62;
 - c. Максимальное напряжение – 189,4 МПа;
 - d. Плотность – 4430 кг/м³;
3. Топливный отсек с АТ после оптимизации.
 - a. Материал – Ti-6Al-4V;
 - b. Масса – 552,29 кг;
 - c. Максимальное напряжение – 493,9 МПа;
 - d. Плотность – 4430 кг/м³;

Определим, на сколько удалось улучшить общие тактико-технические характеристики.

Создав облик исходной баллистической ракеты без применения АТ и сравнив разницу в массе, была получена стартовая масса ракеты – 29 927 кг.

Рассчитав с учетом применения АТ, получили стартовую массу ракеты равной 29 753 кг. К сожалению, оценить изменение дальности на данном этапе не представляется возможным, поскольку данные были получены из пакета САПР «БГТУ РБ», который не может учитывать толщину стенок обечайки (только изменение материала и его характеристик), а ручное изменение данного параметра не предусмотрено пакетом.

Список используемых источников:

1. Устройство и функционирование ракеты 8К99: учеб. пособие / С.Н. Ельцин; Балт. гос. техн. ун-т. — СПб., 2010. — 50 с.

2. Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. / В.И. Погорелов; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2005. – 154 с.

3. Определение напряжений в тонкостенном цилиндрическом сосуде под действием внутреннего давления: методические указания / составитель О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 17 с.

Перспективы использования аддитивных технологий для ремонта лопаток турбины газотурбинного двигателя

Матвеева О.С., Ушаков Д.А., Рожкова К.О.

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

Наиболее простая и экономически доступная технология ремонта деталей двигателя заключается в замене повреждённой детали на новую. Однако если речь идёт об основных деталях газотурбинного двигателя (ГТД), стоимость их изготовления значительно превышает стоимость ремонта. Одними из таких деталей являются лопатки турбины, которые в свою очередь подвержены износу сильнее многих других деталей ГТД, что делает вопрос возможности их восстановления наиболее актуальным.

В данной статье рассмотрены современные способы ремонта лопаток турбин ГТД с применением аддитивных технологий и их сравнительный анализ.

Основной применяемой на данный момент технологией восстановления лопаток турбины ГТД является аргонодуговая наплавка металла, которая получила широкое распространение за счёт своей экономичности и простоты. Однако этот метод имеет ряд недостатков. Среди них: образование значительной зоны термического воздействия с крупнозернистой структурой. Также в ходе восстановления таким путём есть необходимость назначения большого по величине припуска для дальнейшей механической доработки геометрической формы. Коэффициент выхода годного материала при таком методе составляет 15–25%.

Решить проблему величины припуска и зоны термического воздействия возможно применяя технологию электронно-лучевого наплавления (Electron Beam Melting, EBM). EBM обеспечивает высокую производительность благодаря параллельному сканированию детали электронным пучком. Также этот метод позволяет эффективно использовать сырьё. Преимущество EBM — производство непористых деталей повышенной прочности, неотличимых от литых. Использование порошка без добавок устраняет необходимость постобработки, для достижения нужных характеристик.

Однако использование этого метода восстановления лопаток турбин в больших масштабах затрудняется за счёт необходимости применения вакуумных камер или камер с контролируемой атмосферой для минимизации загрязнения материала и предотвращения образования оксидов. По этой причине на производствах всё большей популярностью пользуется метод ремонта деталей с применением лазерной наплавки.

Лазерная наплавка аналогична EBM-технологии, но вместо электронных пучков применяется лазерное излучение. Защита зоны плавления от окисления обеспечивается инертным газом, который может подаваться как в камеру целиком, так и точно в область обработки. В качестве присадки используются порошковые составы или проволока, однако работа с последней требует точного позиционирования проволоки относительно лазерного луча и ванны расплава.

На данный момент одним из недостатков этого метода отмечается сложность технологического процесса и необходимость его оптимизации. Также одним из путей усовершенствования и адаптации данного метода под сферу ремонта и восстановления лопаток турбин является разработка новых комплексов, объединяющих в себе контроль, механическую обработку и лазерную наплавку материала.

Одним из методов аддитивного производства, предложенных для ремонта лопаток турбин ГТД является метод холодного газодинамического напыления (ХГН). В сравнении с лазерным наплавлением и EBM, холодное газодинамическое напыление обладает рядом преимуществ, таких как отсутствие термического воздействия на материал, возможность нанесения покрытий на внутренние поверхности. При разгоне в сверхзвуковом газовом

потоке металлические частицы, соударяются с поверхностью детали, вызывая пластическую деформацию, а переход кинетической энергии в тепло позволяет создавать сплошные слои из прочно сцепленных частиц.

Процесс ХГН позволяет получать высокопрочные и жаропрочные сплавы, которые трудно обрабатывать традиционными методами. Таким образом, процесс ХГН может наносить порошковый материал на изношенную поверхность компонентов для восстановления как геометрии, так и размеров и для ремонта других дефектов в компонентах.

Использование аддитивных технологий в ремонте лопаток турбины ГТД перспективно для замены существующих методов и устранения их недостатков. Основные доступные технологии: лазерная наплавка, ЕВМ и ХГН. Для широкого внедрения необходимо исследовать физико-химические свойства материалов и внедрить соответствующее оборудование.

Список используемых источников:

1. Р.С. Коремик, Г.А. Туричин, О.Г. Климова Коремик, Е.В. Земляков, К.Д. Бабкин. Лазерная порошковая восстановительная наплавка лопаток газотурбинного двигателя // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение 2016 Т.15. №3.

2. Воеводин, М. В. Моделирование и анализ технологии лазерной сварки для ремонта лопаток авиационного двигателя / М. В. Воеводин, Т. А. Митрошкина, А. Я. Дмитриев // Качество и жизнь. – 2020. – № 2(26). – С. 82-87.

3. Cold gas-dynamic spray repair on gas turbine engine components (Патент EP1730323A1, опубл. 13.12.2006).

Технология селективного лазерного спекания

Най Хтет Аунг

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Егорова О.В.

МАИ, Москва

Селективное лазерное спекание (SLS) — это метод аддитивного производства, при котором мощный лазер сплавляет частицы порошкового материала, формируя прочную структуру на основе 3D-модели. В процессе печати используется порошкообразный материал.

Материал подается из резервуара на платформу построения и равномерно распределяется по её поверхности. Затем лазер или другой источник энергии выборочно сплавляет частицы порошка в соответствии с заданным сечением модели. Такой метод послойного формирования называют Bed Deposition. Первоначально создаётся тонкий слой материала, после чего в определённых участках он подвергается спеканию. Платформа остаётся неподвижной в горизонтальной плоскости, а по мере формирования новых слоёв опускается вниз вместе с несвязанным порошком.

Этот процесс повторяется до полного формирования модели. В ходе печати объект как бы «вырастает» снизу вверх. По завершении печати деталь остаётся заключённой в несвязанный порошок, который поддерживает её структуру на протяжении всего процесса. После завершения печати изделие извлекается из камеры и очищается от оставшегося порошка.

Области применения SLS

Технология SLS широко используется в различных сферах, включая:

- производство деталей силовых установок;
- авиастроение и космическую отрасль;
- машиностроение;
- изготовление оборудования для бизнеса;
- электротехнику;
- промышленный и предметный дизайн.

Преимущества технологии SLS

Высокая скорость работы – за счёт того, что материал не требует полного расплавления, процесс печати происходит быстрее, чем у других порошковых 3D-принтеров.

Отличные механические свойства – напечатанные детали отличаются высокой прочностью, точностью и качественной поверхностью.

Вместительные камеры печати – оборудование позволяет изготавливать как крупные объекты (до 750 мм), так и целые партии мелких изделий за один цикл.

Экономичность – отсутствует необходимость в поддерживающих конструкциях, а неиспользованный порошок можно перерабатывать и применять повторно.

Список используемых источников:

1. Кулик, В.И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: учебное пособие / В.И. Кулик, А.С. Ниров; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2018. – 160 с.

2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: издательство политехнического университета / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина – СПб., 2013. – 221 с.

Исследование формирования наплавочного валика на наклонной поверхности в прямом лазерном выращивании

Платонов М.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Хаймович А.И.

Самарский университет, Самара

Прямое лазерное выращивание (ПЛВ) привлекла значительное внимание в аэрокосмической области, особенно для ремонта лопаток блисков ГТД, повреждающихся в сложных условиях эксплуатации двигателя. Однако применение ПЛВ затруднено сложными изогнутыми поверхностями и пространственными ограничениями. Большинство исследований были сосредоточены, при лазерном излучении направленным перпендикулярно поверхности, что приводит к ошибкам при ремонте и выращивании на наклонной поверхности. Конечно-элементное моделирование стало эффективным способом прогнозировать ряд ошибок при выращивании изделий методом ПЛВ.

Цель данной работы – исследование формирования наплавочного валика на наклонной поверхности в прямом лазерном выращивании. В рамках исследования планируется разработка и оптимизация технологических параметров для уменьшения отклонений при прямом лазерном выращивании.

Задачи

1. Анализ и систематизация существующих методов наплавки валиков, полученных прямым лазерным выращиванием.

2. Экспериментальное выращивание образцов с различными углами наклона подложки (от 0 до 50 градусов) для изучения влияния наклона на соответствие заданным параметрам наплавки.

3. Использование программных методов конечно-элементного моделирования и анализа (CAE-системы) для оценки возможных напряжений и смещений при различных углах наклонной подложки.

4. Разработка рекомендаций для предотвращения отклонений параметров валика при прямом лазерном выращивании.

В ходе исследования были разработаны модели наплавочных валиков, формируемых при перемещении наплавочного сопла по наклонной подложке в диапазоне от 0 до 50 градусов с интервалом в 10 градусов в направлении сверху вниз и обратном направлении. Выращивание образцов происходило с использованием аддитивной установки ИЛИСТ-Л из металлопорошковой композиции (МПК) стали 316L. Этот материал хорошо зарекомендовал себя в машиностроительной отрасли, а также он приспособлен к работе с высокими температурами. Эксперимент проводился по следующему режиму: скорость наплавки 10 мм/с, высота валика 0,6 мм и диаметр лазерного пятна 2 мм, расход МПК 7,4 г/мин, и мощности лазера 1200 Ватт

После завершения процесса ПЛВ проводился контроль геометрических параметров полученных валиков с использованием лазерного сканера Scanform L5. Также проводилось сравнение с моделями полученных в САЕ-системе Simufact Welding, результаты сравнения позволили провести закономерности и зависимости смещений.

Исследование предоставляет важные теоретические рекомендации по выбору и применению технологических параметров для изготовления изогнутых конструкций методом прямого лазерного выращивания.

Список используемых источников:

1. Применение прямого лазерного сплавления металлических порошков из жаропрочных сплавов в двигателестроении/ Балякин А.В., Скуратов Д.Л., Хаймович А.И., Олейник М.А.// Вестник Московского авиационного института. 2021. Т. 28. № 3. С. 202-217.
2. Исследование механических характеристик образцов из нержавеющей стали, полученных методом прямого лазерного выращивания / Э. Д. Ишканиев, В. Н. Петровский, В. И. Польский [и др.] // Ядерная физика и инжиниринг. – 2019. – Т. 10, № 3. – С. 233-237. – DOI 10.1134/S2079562919020064.
3. Расчет компенсации коробления от действия остаточных напряжений в аддитивном производстве / А. И. Хаймович, А. В. Балякин, М. А. Олейник [и др.] // Вестник Московского авиационного института. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 215-225.
4. Dezaki M. L. et al. A review on additive/subtractive hybrid manufacturing of directed energy deposition (DED) process //Advanced powder materials. – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 100054.

Комбинированный подход к анализу напряженного состояния: синтез 3D-печати и поляризационно-оптического метода

Сабитов Р.А., Лазарева А.А., Мазуров К.А.

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

МАИ, Москва

Современные методы анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций требуют сочетания экспериментальных и вычислительных технологий, что позволяет получать более точные и достоверные данные о распределении напряжений в материалах и выявлять критические зоны перегрузки. Одним из эффективных экспериментальных методов, применяемых для исследования НДС, является поляризационно-оптический метод или метод фотоупругости. Данный подход основан на использовании прозрачных полимерных материалов, демонстрирующих двойное лучепреломление при механическом нагружении, что позволяет визуализировать поля напряжений в объекте. В сочетании с технологиями аддитивного производства, в частности стереолитографической 3D-печати, фотоупругий метод приобретает новые возможности в области экспериментального моделирования и диагностики конструктивных элементов.

Использование 3D-печати в процессе подготовки образцов для фотоупругого анализа обеспечивает высокую точность геометрии, воспроизводимость результатов и возможность оперативного внесения изменений в конструкцию. В ходе исследования были изготовлены полимерные модели методом SLA-печати с использованием фотополимера Dental Clear Form 2, обладающего высокой степенью прозрачности и механической стабильностью. Различная ориентация слоев при печати позволила изучить влияние анизотропии структуры материала на его механические свойства и распределение напряжений. Анализ интерференционных картин, полученных при исследовании образцов на поляризационно-оптической установке, показал, что ориентация слоев существенно влияет на формирование напряженного состояния в материале. В образцах с продольным расположением слоев наблюдалось более равномерное распределение напряжений, тогда как в поперечно ориентированных образцах возникали зоны концентрации напряжений, указывающие на потенциально ослабленные участки конструкции.

Применение синтетического подхода, объединяющего аддитивные технологии и методы фотоупругости, предоставляет исследователям уникальную возможность моделировать

реальные эксплуатационные нагрузки и оценивать поведение конструкций в условиях сложного механического воздействия. В отличие от традиционных методов изготовления образцов, 3D-печать позволяет оперативно изменять параметры модели, адаптировать структуру материала и варьировать внутреннюю геометрию, что существенно расширяет возможности исследования различных инженерных задач. Этот метод особенно актуален в таких областях, как авиастроение, машиностроение и биомеханика, где критически важно оценивать поведение конструктивных элементов в условиях реальных эксплуатационных нагрузок. Кроме того, данная технология может найти применение в области архитектурного проектирования и создания сложных инженерных конструкций, где требуется точное моделирование и прогнозирование механических свойств материалов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка методик численного анализа, позволяющих интегрировать экспериментальные данные с вычислительными моделями. Это позволит сопоставлять результаты фотоупругих экспериментов с расчетами, выполненными методами конечных элементов, тем самым повышая точность прогнозирования поведения материалов и конструкций. Дополнительное развитие полученных результатов может быть направлено на исследование новых полимерных композиций, обладающих улучшенными оптическими характеристиками, а также изучение влияния параметров печати на механические свойства получаемых образцов. Важным направлением исследований станет разработка адаптивных алгоритмов обработки данных, позволяющих автоматизировать процесс анализа интерференционных картин и идентификацию критических зон напряжений. Интеграция полученных знаний в инженерную практику позволит повысить надежность конструкций, снизить вероятность аварийных ситуаций и оптимизировать проектные решения за счет более детального анализа напряженно-деформированного состояния материалов. Кроме того, дальнейшая работа в этом направлении будет способствовать разработке новых методов неразрушающего контроля и улучшению технологических процессов изготовления изделий, подверженных высоким механическим нагрузкам.

Список используемых источников:

1. Герасимова, Т.Е. Численная обработка результатов оптоэлектронных измерений в механике деформируемого твердого тела: поляризационно-оптические методы: учебн. пособие / Т.Е. Герасимова, П.Н. Ломаков, Л.В. Степанова. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2015. – 48 с.
2. Сабитов Р.А., Лазарева А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния в моделях поляризационно-оптическим методом с использованием аддитивных технологий // 23-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 18-22 ноября 2024 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2024 – 3,3 Мб [Электронное издание].
3. И.В. Соргутов. Методы фотоупругости при оценке технического состояния конструкций зданий и сооружений. — Системные технологии. — 2021. — № 41. — С. 51–54.
4. Лихачев А.В., Табанюхова М.В. Новый алгоритм обработки данных метода фотоупругости. // Вестник томского государственного университета. Математика и механика. 2022. №79. С 100-110.

Влияние объемного расхода на прочностные характеристики полимерных изделий, полученных методом FDM/FFF-печати

Савицкая Ю.А., Харламова К.И.

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

РТУ МИРЭА, Москва

Одним из наиболее перспективных методов переработки полимеров и полимерных композиционных материалов являются аддитивные технологии. FDM-печать даёт возможность получить нестандартные детали с минимальными временными и материальными затратами в расчете на одно изделие, позволяя легко внести изменения в его дизайн и функции.

В качестве материалов для получения изделий методами аддитивных технологий часто используют дисперсно-наполненные полимерные композиционные материалы (ДНПКМ). Однако их свойства могут значительно отличаться от свойств полимерной матрицы, в связи с чем необходимо провести исследования влияния дисперсных наполнителей на параметры FDM-печати и свойства получаемых изделий.

Образцы, производимые методом FDM-печати, содержат пустоты между слоями, которые значительно снижают прочностные характеристики, по сравнению с литьевыми изделиями, являющимися монолитными [1]. Для улучшения комплекса эксплуатационных свойств необходимо снизить объем пустот, что может быть достигнуто путем повышения объемного расхода расплава полимерного материала. В программном обеспечении, используемом для подготовки трехмерных моделей к печати (слайсер), отношение фактического расхода филамента к теоретическому определяется эмпирическим параметром «коэффициент потока», который может быть использован для анализа процесса печати.

Таким образом, цель работы заключается в исследовании зависимости прочностных характеристик полимеров и полимерных композиционных материалов от коэффициента потока FDM-печати.

Для моделирования поведения ДНПКМ в работе были получены материалы на основе ABS-пластика марки General ABS POLYLAC® PA-757 (Chimei corporation, Тайвань) ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$). В качестве наполнителя использовали полые стеклянные микросферы (ПСМС) марки MC-BI-A9 (НПО «Стеклопластик», Россия) ($\rho = 0,36 \text{ г/см}^3$, $d_{ср} = 40 \text{ мкм}$).

В ходе работы получили ДНПКМ с содержанием дисперсного наполнителя MC-BI-A9 равным 2 об. % на двухшнековом экструдере LabTech LZ-80 / VS (Labtech Engineering Co. Ltd., Тайланд) при 210-225°C. Филамент для 3D-печати был произведён на экструдере Scientific (Labtech Engineering Co. Ltd., Тайланд) при 220°C.

Печать образцов из ABS и ДНПКМ его на основе (лопатки тип 5, ГОСТ 11262-2017) проводили на 3D-принтере Anyform XL250-G3 High-resolution 3D printer (Total Z, Россия). Физико-механические свойства образцов исследовали в соответствии с ГОСТ 11262-2017 на универсальной испытательной машине И11М (ООО «ТОЧПРИБОР-КБ») со скоростью 50 мм/мин.

В ходе работы была установлена зависимость прочности при растяжении от коэффициента потока материала. Показано, что как для образцов на основе ДНПКМ, так и для образцов на основе ABS без наполнителя, при увеличении коэффициента потока до 1,00 наблюдается рост прочности при растяжении на ~51%, что соответствует монолитным образцам, полученным методом литья под давлением. При переходе значений коэффициента потока от 1,00 к 1,05 происходит резкое снижение прочности на ~8%. С дальнейшим увеличением коэффициента потока значение прочностных характеристик сохраняется на одном уровне.

Стоит отметить, что ДНПКМ с ПСМС обладают меньшей прочностью относительно образцов на основе ABS, что в первую очередь может быть связано с ухудшением межслоевой адгезии.

Таким образом, для достижения максимальных физико-механических характеристик изделий из ABS и ДНПКМ его на основе рекомендовано использовать значение коэффициента потока более 1,00.

Список используемых источников:

1. Investigation of a Short Carbon Fibre-Reinforced Polyamide and Comparison of Two Manufacturing Processes: Fused Deposition Modelling (FDM) and Polymer Injection Moulding (PIM) / Verdejo de Toro E., Coello Sobrino J., Martínez Martínez A. et al. – Direct text. // Materials. – 2020. – № 13(3). – P. 672-685.

Определение зависимости между технологическими параметрами печати для их оптимизации

Саитгалиева А.З.

Научный руководитель — к.т.н. Юркин А.А.
РТУ МИРЭА, Москва

На сегодняшний день полимерные аддитивные технологии находятся на передовом рубеже прогресса в различных областях промышленности, машиностроения и медицины; их применение приводит к повышению эффективности производств, снижению потребляемого сырья, а значит и объемов создаваемых отходов, а также предоставляет возможность создавать уникальные изделия, ранее недоступные к изготовлению классическими методами обработки материалов.

В настоящее время среди существующий методов трехмерной печати широкое распространение получил метод FDM, заключающийся в послойном наплавлении нити (филамента) из термопластичного полимера и ее последующем охлаждении уже в необходимом положении, что приводит к формированию объекта. Однако, данный метод зачастую уступает традиционным методам переработки пластика по различным характеристикам, таким как ограниченная точность изделий и сниженный комплекс эксплуатационных свойств по сравнению с изделиями традиционных методов, а также большие временные затраты на изготовление изделий. Способом частичного решения данной проблемы является выбор оптимальных технологических параметров процесса трехмерной печати, таких как температура расплава, скорость печати, коэффициент потока и других, который необходимо производить для каждого типа материала, марки и даже партии. Данный процесс осуществляется при помощи создания большого количества специальных калибровочных моделей и тестовых образцов, которые, в свою очередь, приводят лишь к приблизительным значениям, практически никак не обоснованным с точки зрения свойств полимерного материала, что не позволяет полноценно реализовать весь потенциал FDM-печати и получить наиболее качественное изделие, способное заменить продукты классических методов производства.

Для повышения размерной точности производимых изделий и снижения материалоемкости определения необходимых значений параметров печати, необходимо исследование связи между технологическими параметрами процесса печати и физико-механическими свойствами готового изделия. Результаты исследований смогут обеспечить прогнозирование оптимальных параметров технологического режима трехмерной FDM-печати, используя лишь те данные, которые предоставляют производители полимерного филамента.

Цель работы заключается в исследовании влияния технологических параметров режима переработки методом трехмерной FDM-печати на эксплуатационные характеристики полученного изделия.

В ходе работы был использован филамент, изготовленный на экструдере Scientific (Labtech Engineering Co. Ltd., Тайланд) при 220°C из ABS-пластика марки ABS PA 757 (ООО «CHIMEI», Тайвань).

Для печати испытательных образцов использовался 3D-принтер Anyform XL250-G3 (Total Z, Россия). Были изготовлены лопатки типа 5 при Tстола = 110°C и при Tсопла = 230°C, скорость печати 60 мм/с, высота слоя – 0,2; ширина слоя – 0,4.

Испытания эксплуатационных свойств образцов проводились при помощи универсальной испытательной машины И11М (ООО «ТОЧПРИБОР-КБ», Россия) по ГОСТ 11262-2017 со скоростью 50 мм/мин.

В процессе изготовления образцов для дальнейших исследований, в ПО, подготавливаемом трехмерную модель к печати – слайсере, – последовательно повышался коэффициент печати – эмпирический параметр, определяющий соотношение расхода поданного филамента и материала, необходимого для формирования слоя. Увеличения значений коэффициента потока приводят к увеличению скорости печати, уменьшению величины зазоров между слоями, следовательно, лучшему сцеплению между ними; печать при его оптимальных значениях позволяет получать изделия с максимальными

эксплуатационными характеристиками, при этом сохраняющие соответствие заданной форме.

Полученная зависимость эксплуатационных характеристик образцов из ABS PA 757 от значений коэффициента потока показала, что прочность при растяжении напечатанных образцов увеличивается примерно на 50% при увеличении значений коэффициента от 0,9 до 1,0, дальнейшее увеличение до 1,45, не влияет на эксплуатационные характеристики. Так как образцы не имели видимых визуальных эффектов в виде переэкструзии можно сделать вывод о том, что в следствии мощностных ограничений нагревателя филамента, экструзионная головка принтера не способна расплавлять количество материала, необходимое для соответствия заданным значениям коэффициента потока.

Проведенные испытания показывают возможность создания изделий с оптимальными прочностными характеристиками для 3D-принтера Anyform XL250-G3 (Total Z, Россия) на основе полимера ABS PA 757, при следующих условиях печати: Тстола = 110°C; Тсопла = 230°C; скорости печати 60 мм/с, с использованием сопла экструдера диаметром 0,4 мм и при соотношении расходов поданного и необходимого филамента на слой (коэффициента потока) равного 1,0.

Применение цифровых двойников при разработке и производстве авиадвигателей

Соловьева Е.О.

Научный руководитель — Иванов А.В.

МАИ, Москва

В современном мире цифровые технологии становятся неотъемлемой частью производственных процессов. Одним из наиболее перспективных направлений является использование цифровых двойников, которые позволяют повысить эффективность управленческих решений и снизить сроки изготовления продукции.

Рассмотрен опыт использования автоматизированной системы (АС) aPriori в зарубежных многоотраслевых корпорациях, в частности в сфере аэрокосмической техники. Выделены основные направления применения АС:

1. Цифровизация технологических процессов.
2. Автоматизация расчета себестоимости на всех этапах жизненного цикла.
3. Автоматизация работы с поставщиками.

Приведено сопоставление существующих методик по расчету трудоемкости ДСЕ. Отмечена важность решения задач на ранних этапах проектирования.

Приведена структура АС aPriori, которая включает в себя следующие модули обработки данных:

1. Анализатор геометрии, служащий для определения в 3D-модели значимых для расчета геометрических объектов.
2. Цифровая фабрика, включающая в себя базы данных оборудования, материалов, инструмента, оснастки, технологических цепочек и др.
3. Расчетный модуль, выполненный в виде отдельной среды для настройки и создания технологических процессов и их циклов.

В рамках пилотного проекта филиала АО «ОДК» «НИИД» совместного с АО «ИТС» были выполнены расчеты трудоемкости и проведена оценка технологичности в АС. Для анализа трудоемкости 5-ти ДСЕ газотурбинного двигателя, в цифровую фабрику были добавлены данные по материалам, оборудованию, инструменту, а также созданы цифровые двойники существующих технологических процессов. При сопоставлении результатов расчета по существующим методикам с результатами расчета на принципах цифровых двойников отмечены:

- высокая сходимость результатов автоматизированного расчета (до 6%) с фактическими значениями;
- скорость расчета в АС менее 2-х минут;

- функциональности и гибкости программы для решения конструкторских и технологических задач.

На примере пилотного проекта продемонстрирована важность использования цифровых двойников при разработке и производстве высокотехнологичной продукции, а также необходимость разработки российского аналога aPriot.

Изготовление охлаждаемых лопаток турбин с использованием аддитивных технологий

Ушаков Д.А., Матвеева О.С., Рожкова К.О.

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

Традиционные методы производства охлаждаемых лопаток, основанные на литье и механической обработке, имеют ряд ограничений, связанных с реализацией охлаждающих каналов. В последние годы появились новые возможности для создания инновационных охлаждаемых лопаток благодаря развитию аддитивных технологий. С помощью аддитивных технологий можно изготавливать лопатки с оптимизированной геометрией охлаждающих каналов, керамические стержни или опытные образцы, удешевляя и ускоряя производство.

Целью настоящей работы является изучение методов, проблематики и перспектив изготовления охлаждаемых лопаток с использованием аддитивных технологий, проведение анализа полученных результатов.

Выделяют три ключевых метода охлаждения лопаток газотурбинных двигателей с использованием воздуха:

Внутреннее конвективное охлаждение

В основе этого метода лежит циркуляция охлаждающего воздуха по специальным каналам, расположенным внутри лопатки

Воздух поступает через каналы, расположенные в замковой части, затем движется вдоль продольных каналов и выходит через радиальный зазор. Главное достоинство этого способа — относительная простота изготовления. Он обладает высокой эффективностью охлаждения, но приводит к неравномерному распределению температуры вдоль высоты и профиля лопатки. В частности, разница температур между входной и выходной кромками может достигать 150–200 К.

Конвективно-плёночное охлаждение

Этот способ основан на формировании вокруг лопатки защитного слоя из охлаждающего воздуха. Главный недостаток данного метода заключается в быстром разрушении защитной плёнки, что требует создания множества выходных отверстий. Такая конструкция неизбежно ухудшает прочностные показатели и увеличивает потребление охлаждающего воздуха.

Пористое охлаждение

Конструкция с пористым охлаждением включает в себя три основных элемента: несущий стержень, профилированные рёбра и внешнюю пористую оболочку. Особенность этого метода в том, что он использует мелкие, хаотично расположенные отверстия, в отличие от упорядоченных отверстий плёночного охлаждения. При прохождении воздуха через поры формируется защитный слой на внешней поверхности, предотвращающий перегрев. Однако широкого распространения в промышленности данный способ пока не получил из-за ряда технологических и эксплуатационных сложностей.

Исследования причин разрушения двигателей указывают на уязвимость лопаток ГТД. Разрушение идет по границам зерен, перпендикулярным растягивающим напряжениям. Направленная кристаллизация создает столбчатую структуру, ориентируя границы зерен вдоль оси, повышая прочность.

На данном этапе развития аддитивных технологий оптимальной является комбинация 3D-печати с классическим литьём, когда, например, керамические стержни для лопаток могут быть напечатаны методом SLA (лазерная стереолитография), что позволяет избежать изготовления дорогостоящих и одноразовых пресс-форм.

Кроме того, технология 3D-печати активно применяется для производства лопаток, предназначенных для испытаний новых систем охлаждения. Этот метод позволяет

изготавливать экспериментальные образцы ещё на этапе проектирования, что даёт возможность проводить исследования эффективности охлаждения, вносить изменения и оптимизировать конструкцию без серьёзных затрат, характерных для традиционных.

Список используемых источников:

1. Герасимов, В. В. От монокристаллических неохлаждаемых лопаток к лопаткам турбин с проникающим (транспирационным) охлаждением, изготовленным по аддитивным технологиям / В. В. Герасимов.
2. Перспективы применения аддитивных технологий для создания деталей и узлов авиационных газотурбинных двигателей и прямоточных воздушно-реактивных двигателей / Л. А. Магеррамова, Ю. А. Ножницкий, С. А. Волков.
3. Борисов, Д. С. Эффективность различных типов охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин с различными видами охладителя / Д. С. Борисов, К. Д. Андреев.

Снижение дефектов литья сложнофасонных отливок за счет цифрового моделирования и оптимизации технологических режимов

Фирсин А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Вдовин Р.А.

Самарский университет, Самара

Современные требования к качеству и точности отливок в аэрокосмической отрасли обуславливают необходимость внедрения передовых технологий литья, таких как литье по выжигаемым моделям. Одной из ключевых задач является оптимизация литниково-питающих систем и технологических режимов для минимизации дефектов и повышения эффективности производства. В данной работе представлены результаты разработки цифровых моделей литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок, включая анализ процессов заполнения формы, кристаллизации, пористости и напряженно-деформированного состояния отливок.

Для моделирования литейного процесса использовалась система компьютерного моделирования «ПолигонСофт». На первом этапе было проведено компьютерное моделирование существующего на предприятии технологического процесса литья. Это позволило верифицировать цифровые модели, сравнив результаты моделирования с реальными отливками, полученными в ходе производственных плавов. После подтверждения точности моделей был предложен ряд новых конструкций ЛПС и режимов литья, которые также были промоделированы для снижения дефектов и повышения качества отливок.

Для каждой отливки были созданы отдельные наборы ребер и заданы размеры конечных элементов. Сетка строилась из тетраэдров, при этом для отливок использовалась более мелкая сетка, чем для элементов ЛПС. Это связано с тем, что отливка является основным объектом анализа, где требуется высокая точность прогнозирования дефектов, таких как усадочные раковины, пористость и остаточные напряжения. Для элементов ЛПС, которые не являются ключевыми с точки зрения анализа дефектов, применялась более грубая сетка, что позволило оптимизировать время расчетов без потери точности результатов.

В качестве материала для отливок использовался жаропрочный никелевый сплав ВХ4Л. Этот сплав обладает высокой прочностью, устойчивостью к коррозии и термической усталости, что делает его идеальным для применения в аэрокосмической промышленности. Однако до настоящего времени его использование для литья крупногабаритных деталей было ограничено из-за сложности контроля усадочных дефектов. В данной работе показано, что с помощью оптимизации ЛПС и технологических режимов можно успешно применять сплав ВХ4Л для производства сложнофасонных отливок с высокими требованиями к качеству.

Анализ результатов компьютерного моделирования показал, что время заполнения формы расплавом для всех отливок варьируется в пределах 50 секунд, в зависимости от их геометрии и сложности. В процессе кристаллизации наблюдалось неравномерное

распределение температурных полей, что приводило к образованию усадочных раковин и пористости, особенно в тонкостенных элементах отливок. Например, в отливке «Корпус с фланцами» максимальное значение усадочной пористости достигало 40 %, что потребовало оптимизации конструкции ЛПС. В результате проведенных итерационных расчетов удалось снизить пористость до 0,18 % за счет изменения геометрии прибылей и питателей.

Для всех отливок характерным было образование тепловых узлов в местах перехода от тонкостенных элементов к массивным. Это связано с неравномерной кристаллизацией, при которой тонкие элементы затвердевают значительно быстрее, чем массивные. Для устранения этого дефекта предложено поднять отливку на подушку и предусмотреть дополнительное утепление прибыльной части, что позволит выровнять температурные поля и минимизировать остаточные напряжения.

На основании анализа результатов моделирования разработаны рекомендации по оптимизации конструкций ЛПС. Предложено увеличить температуру заливки сплава ВХ4Л до 1520 ± 100 °С для снижения усадочных дефектов. Это особенно важно для отливок с резкими переходами от тонкостенных к массивным элементам, где риск образования усадочных раковин наиболее высок.

Также предложено изменить конструкцию центральных стояков для снижения скорости течения расплава и предотвращения размыва внутренней поверхности формы. В частности, для отливки «Корпус с фланцами» скорость течения расплава в центральных стояках достигала 0,8 м/с, что могло привести к захвату частиц формы в тело отливки. Для устранения этого дефекта рекомендовано предусмотреть плавные переходы в конструкции стояков, которые будут гасить кинетическую энергию расплава.

Разработанные цифровые модели литейного процесса позволяют прогнозировать и минимизировать дефекты отливок, такие как усадочные раковины, пористость и остаточные напряжения. Оптимизация литниково-питающих систем и технологических режимов литья способствует снижению металлоемкости, повышению качества отливок и сокращению производственных затрат. Внедрение разработанных цифровых моделей позволит сократить производственные затраты, связанные с браком, повысить эффективность использования оборудования и сократить время выхода продукции на рынок. Кроме того, предложенные решения могут быть адаптированы для других типов отливок, что расширяет область их применения.

Список используемых источников:

1. Монастырский, А. В. PoligonSoft для литейного производства / А. В. Монастырский, Ю. Б. Власов [Текст] // Литейное производство. – 2022. – № 78. – С. 31–37.
2. Фирсин А.О., Вдовин Р.А. Использование системы компьютерного моделирования литейных процессов «ПолигонСофт» при изготовлении отливки детали «Колесо турбины рабочее» [Текст] // Международная научно-техническая конференция «Машиностроительные технологические системы». – 2023. – С. 199-206.
3. Лакедемонский, А. В. Литейные дефекты и способы их устранения [Текст] / А. В. Лакедемонский, Ф. С. Кваша, Я. И. Медведев. – М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.

Технологические возможности селективного лазерного плавления для изготовления тепловых труб энергоустановок летательных аппаратов

Шаронов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Курицын Д.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время, применение тепловых труб в летательных аппаратах и специальной энергетике обусловлено тем, что тепловая труба имеет теплопроводность выше, чем у любых известных твердых тел. В частности, тепловые трубы в качестве теплопередающих элементов применяются в холодильниках излучателей энергетических установок [1]. Такое устройство обеспечивает забор тепловой энергии от горячего теплоносителя и сброс его в окружающее пространство. Основным требованием для них является то, что поверхность теплоотдачи должна обеспечивать сброс отводимой тепловой энергии в окружающее

пространство за счет излучения в течение всего ресурса работы установки, при этом должно соблюдаться условие минимальной массы, а также габаритов, ограниченных возможностью размещения излучателей в зоне полезной нагрузки [1, 2].

Тенденции повышения эффективности и производственной технологичности агрегатов авиационной техники приводит к рассмотрению возможности изготовления комплектующих элементов с помощью аддитивных технологий [3].

Так в целях снижения массы и габаритов тепловых излучателей с сохранением величины отводимой тепловой энергии представляется перспективным изготовление тепловых труб путем 3D-печати методом селективного лазерного плавления (СЛП). Суть данного метода состоит в том, что корпус и капиллярно-пористая структура тепловой трубы печатается одной деталью, что позволяет исключить отделение пористой структуры от корпуса тепловой трубы. Печать дает возможность контролировать, задавать плотность и положение пор в каждой точке капиллярно-пористой структуры (КПС), а также изменять размер пор. Таким образом можно добиться максимальной открытости пор, обеспечивая высокую проницаемость, и уменьшать размеры пор в направлении от стенки трубы к ее центру, добиваясь уменьшения уноса паром потока возвращаемой жидкости. Это способствует повышению параметра капиллярного напора. Используя возможность изменения пористости КПС, легко решается задача оптимизации параметров тепловой трубы по условию достижения минимального термического сопротивления, задавая оптимальную пористость.

Тепловая труба, изготовленная данным методом, позволяет уменьшить габариты и массу холодильника излучателя, применяемую в энергетических установках, сохранив величину отводимой тепловой энергии. Также данный метод обеспечивает повторяемость изготовленных труб, что способствует равномерному теплосбросу.

Недостатком изготовления тепловой трубы методом СЛП является сложность удаления порошка из капиллярной структуры.

В перспективе, применяя новые методы 3D-печати, в которых порошок подается конкретно под плавление, возникает возможность изготавливать корпус трубы, капиллярную структуру, торцевую заглушку и заглушку с заправочным штуцером единым изделием, тем самым избавляясь от дополнительных сварочных операций и процедур очистки деталей перед сваркой в технологических процессах изготовления теплотехнических систем и агрегатов.

Список используемых источников:

1. Космические ядерные энергоустановки и электроракетные двигатели. Конструкция и расчёт деталей: Учеб. пособие / П.В.Андреев, А.С.Демидов, Н.И.Ежов и др. – М.: Изд-во МАИ, 2014. –508 с.
2. Капиллярные структуры контурной тепловой трубы: тенденция развития / В.Е.Романенков, Т.Е.Евтухова, В.В.Мазюк и др. //Порошковая металлургия: сб. науч. трудов. – Минск, 2016. Вып. 39. С.62-69.
3. Агапов А.В., Ионов А.В., Стародумов А.В. Применение селективного лазерного плавления при модернизации и производстве трубчатого воздухоподдушного теплообменника // Вестник УГАТУ, 2023, т. 27, № 1 (99), с.116-129.

Секция №8.3 Металлические материалы и перспективные технологии их получения и обработки

Использование функционально-градиентного материала на основе никелида титана для разработки медицинских изделий

Алсаева О.С.

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

МАИ, Москва

Сплавы на основе никелида титана, обладающие эффектом памяти формы (ЭПФ), нашли широкое применение в биомедицине. Наличие на них оксидной пленки TiO_2 , обеспечивает биологическую совместимость данных сплавов с живыми организмами. Известно, что сплавы на основе никелида титана имеют сходство механического поведения к тканям человека [1], поэтому становится возможным рассматривать их как в качестве биосовместимых, так и функциональных материалов.

В последние годы интерес к сплавам на основе никелида титана повышается благодаря возможности создания функционально-градиентного материала (ФГМ) на его основе. Существует три метода формирования ФГМ на основе никелида титана: первый заключается в изменении сечения образца по его длине, второй – в изменении химического состава поверхности и/или объема материала. Третий - структурный метод, который основан на локальной термической обработке или в неоднородном деформировании материала. С нашей точки зрения данный метод создания ФГМ имеет большую перспективу, поскольку никелид титана является высоко чувствительным к структурным изменениям материалом [2].

В качестве объекта исследования использовали пластины из сплава на основе никелида титана с 55,6 масс. % Ni, которые подвергались предварительному рекристаллизационному отжигу в вакуумной печи при 700 °С с последующим двухступенчатым старением в камерной печи при 520 и 460 °С в течение 2 часов при каждой температуре. Образцы изучали рентгеноструктурными и металлографическими методами. Так же были исследованы температурные характеристики ЭПФ, согласно стандарту ASTM F2082 и определено механическое поведение исследуемых образцов с помощью испытаний на трехточечный изгиб.

Структура образцов после вакуумного отжига представлена В2-матрицей с включением интерметаллида $\text{Ti}_4\text{Ni}_2\text{O}$, фазовый состав, состаренных образцов показал наличие отражений от R-фазы и соединения Ti_3Ni_4 .

После отжига температуры восстановления формы исследуемых образцов были –10 ° 3°С, а после ступенчатого старения составляли 53 °С 3 °С.

По данным механических испытаний было установлено, что образцы, подвергнутые старению, демонстрировали однократный ЭПФ, а после вакуумного отжига – сверхупругость.

По результатам расчета и экспериментального определения тепловых полей при локальном нагреве образцов были определены скорость и время нагрева различными методами: первый – когда образец был помещен через технологическое отверстие в камерную печь и второй – при обработке газовой горелкой.

После различных методов локальной термической обработки было определено изменение по длине образцов их свойств. Было установлено, что переходная зона от области, обладающей однократным ЭПФ к сверхупругой уже при локальной термической обработке газовой горелкой, и составляет 5 мм, чем при печном нагреве – 80 мм. Также были построены зависимости показывающие изменение жесткостей по длине образцов на основе полученных данных после трехточечного изгиба и температуры восстановления формы.

На основе проведенных исследований был разработан функционально-градиентный направитель для проведения подкожного туннеля для коррекции килевидной деформации.

Созданный направитель имеет преимущество по сравнению с его аналогами поскольку имеет переменную жесткость по длине, благодаря разработанной методике локальной термической обработки, что снижает травматичность подготовки туннеля.

Благодаря созданию ФГМ на основе никелида титана открываются новые возможности для разработки имплантатов для остеосинтеза при различных нетипичных переломах, в частности, переменные свойства данного материала можно использовать при коррекции перелома фаланги пальца.

Таким образом, показана возможность создания ФГМ на основе никелида титана методами локальной термической обработки.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания вузам № FSFF-2023-0004.

Список используемых источников:

1. Функциональные материалы с эффектом памяти формы: учеб. пособие / Коллеров М.Ю., Гусев Д.Е., Гуртова Г.В., Ручина Н.В., Гвоздева О.Н. – М., 2015. – 161 с.
2. F. Sun. Brief Overview of Functionally Graded NiTi-Based Shape Memory Alloys/ Sun F, Xinxin F, Haizhen W and et. al // Advanced engineering materials. 2023. pp. 22011434-2201434.

Исследования эволюции структуры многокомпонентного энтропийного сплава на базе системы Ni-Co-Cr

Валюхова И.В., Власов И.И.

Научный руководитель — к.т.н. Севальнев Г.С.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, Москва

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к разработке и исследованию новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими характеристиками, обусловленными их структурой [1]. Одним из самых перспективных направлений в этой области стало изучение энтропийных сплавов (ЭС) или сплавов с высокой энтропией смешения [2]. Эти материалы открывают новые горизонты в современном материаловедении, предлагая необычные сочетания свойств, что делает их крайне востребованными для различных инженерных и технологических задач.

Энтропийные сплавы представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из пяти или более элементов, смешанных в равных или близких пропорциях. Это приводит к образованию простых кристаллических структур, характерных для чистых металлов или гомогенных сплавов с одним доминирующим компонентом. Высокая энтропия смешения способствует формированию твердых растворов, минимизируя образование избыточных фаз и интерметаллидов, что является ключевым фактором, обеспечивающим их свойства.

По результату исследования оптической микроскопии было выявлено, что структура сплава состоит из дендритов с избыточными фазами. Анализ химического состава показал, что в структуре присутствуют твердый раствор с формированием карбидной фазы в малом объеме. Исследование структуры после горячей деформации показало, что в полученных прутках наблюдается мелкое зерно с 8 балла и высоким объемным содержанием избыточных фаз в теле зерна (карбидов типа Cr_{23}C_6). Результаты испытаний на растяжение при повышенных температурах (900-1100°C) показывают снижение уровня всех механических свойств, как прочностных, так и пластических. Это связано с дополнительным формированием интерметаллидов, карбидов и формирование

σ -фазы. Приближение к температуре испытания 1100°C приводит к приближению показателя предела текучести равным пределу прочности как для литого, так и для деформированного сплава, что также вероятнее всего связано с формированием дополнительных фаз в процессе нагрева. Данные предположения были подтверждены термодинамическими расчетами в программном обеспечении.

Список используемых источников:

1. Singh S., Wanderka N., Glatzel U., Banhart J. Decomposition in multi-component AlCoCrCuFeNi hightentropy alloy. Acta Materialia, 2011, vol. 59, pp. 182–190. DOI: 10.1016/j.actamat.2010.09.023.

2. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 2004, vol. 375–377, pp. 213–218. DOI: 10.1016/j.msea.2003.10.257.

3. Cantor B. Multicomponent and high entropy alloys // *Entropy*. 2014. V. 16. №. 9. P. 4749–4768. сплав в литом состоянии // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2024. №. 11 Ст.1. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 22.10.2024). DOI 10.18577/2307-6046-2024-0-12-18-30.

Расчет механических свойств сплавов системы Al-Mg-Zn-Cu-P3M с использованием алгоритмов машинного обучения

Вьюшин Е.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чурюмов А.Ю.

НИТУ МИСИС, Москва

Алюминиевые сплавы благодаря высокой удельной прочности, коррозионной стойкости и технологичности нашли широкое применение во многих областях машиностроения в качестве конструкционного материала. Требования к механическим свойствам конструкционных материалов всегда были очень высоки. Расчетный метод определения необходимого состава сплава и режима его термической и термомеханической обработки для достижения необходимого уровня механических свойств значительно сокращает трудовременные и финансовые затраты. Однако определить зависимость механических свойств от влияющих факторов аналитически с достаточной точностью крайне трудно. Для решения подобных задач используются математические методы регрессионного анализа. Одними из наиболее мощных инструментов, позволяющих осуществлять регрессионный анализ, являются алгоритмы машинного обучения [1].

Цель данной работы – создание модели на основе алгоритмов машинного обучения для расчета значений предела текучести, предела прочности и относительного удлинения сплавов системы Al-Mg-Zn-Cu-P3M (где P3M – Y, Er, Gd, Yb) в зависимости от химического состава и режима термической и термомеханической обработки с абсолютной средней ошибкой, не превышающей 15 МПа.

В качестве моделей были использованы алгоритмы машинного обучения: бэггинг (RandomForest, RF) и градиентный бустинг (Gradient Boosting Decision Tree, GBDT), а также искусственная нейронная сеть (ИНС) типа многослойный перцептрон (Multi-layered Perceptron, MLP) [2, 3]. Для обучения использовалась база данных результатов 267 механических испытаний сплавов разного состава и режимов термической и термомеханической обработки. Предварительно был проведен анализ данных для выявления выбросов и исключения неинформативных признаков.

Для оценки ошибки расчета механических свойств после обучения тестовой выборке использовались средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error, MAE) и коэффициент детерминации R^2 .

Обученная модель градиентного бустинга лучше описывает зависимость всех прочностных свойств от входных параметров, о чем говорит наибольшее значение R^2 (0,92, 0,93 и 0,81 для предела прочности, пластичности и относительного удлинения соответственно). MLP в результате проверки показала наименьший коэффициент детерминации (0,85, 0,91 и 0,7). Кроме того, модели GBDT и RF также показали наименьшую ошибку в определении относительного удлинения (1,3%), что указывает на их способность лучше обучаться на менее сбалансированных данных.

Список используемых источников:

1. Xiong, J., Shi, S., & Zhang, T. (2019). A machine-learning approach to predicting and understanding the properties of amorphous metallic alloys. *Materials & Design*, 187, 108378.
2. Rokach, L., & Maimon, O. (2006). *Decision Trees*. In Springer eBooks (pp. 165–192).
3. Petr Opela, Ivo Schindler, Petr Kawulok, Rostislav Kawulok, Stanislav Rusz, Michael Sauer, «Shallow and deep learning of an artificial neural network model describing a hot flow stress Evolution: A comparative study», *Materials & Design*, 2022.

Теоретические представления о возможности синтезирования оксида ванадия методом плазменно-электролитной обработки (ПЭО)

Долгушин Я.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Крит Б.Л.

МАИ, Москва

Целью данной работы является изучение особенностей оксида ванадия, препятствующие направленному синтезу определённого оксида ванадия и делающие его перспективным материалом для использования в различных устройствах, а также предложена технология плазменно-электролитной обработки (ПЭО) для синтезирования оксида ванадия.

Ванадий образует многочисленные соединения с кислородом, из которых наиболее важными являются оксиды: монооксид ванадия, полуторный оксид, диоксид ванадия и пентаоксид [1].

Основная проблема, которая препятствует синтезу определённого оксида ванадия, заключается в высокой чувствительности системы V-O к содержанию кислорода. Это обусловлено тем, что ванадий имеет степени окисления +2, +3, +4, +5, и образует ряд фаз, в которых ванадий присутствует одновременно в различных степенях окисления [2].

В настоящее время разработано значительно количество вариантов применения тонких плёнок диоксида ванадия. В частности, пленки диоксида ванадия применяются в качестве катодного материала в перезаряжаемых магниевых и цинк-ионных батареях [3]. Основная проблема при создании устройств на основе диоксида ванадия – сложность синтеза плёнки с заданными параметрами фазового перехода полупроводник-металл (ППМ).

Существует несколько различных технологий и методов нанесения тонкопленочных покрытий, а также целый ряд инструментов и оборудования, которые можно использовать для оптимизации или улучшения процесса осаждения тонких пленок. Среди методов нанесения покрытий всё большую популярность набирают технологии плазменно-электролитной обработки. Среди методов ПЭО наиболее известно микродуговое окисление. Применение технологии ПЭО на поверхностях деталей позволяет формировать многофункциональные покрытия, улучшающие их коррозионную стойкость, износостойкость и другие характеристики [4].

Таким образом, изучение свойств оксида ванадия и возможностей метода плазменно-электролитной обработки показывает необходимость разработки новых, эффективных технологических процессов формирования тонких плёнок оксида ванадия методом ПЭО.

Список используемых источников:

1. Амелина Г. Н. Частные реакции ванадия // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013 – 22 с.
2. Bahlawane N., Lenoble D. Vanadium oxide compounds: Structure, properties, and growth from the gas phase // Chem. Vap. Depos. 2014. Vol. 20, № 7–9. P. 299–311.
3. Xiu-Fen Ma, Hong-Yi Li, Weiwei Ren, Daibo Gao, Fuyu Chen, Jiang Diao, Bing Xie, Guangsheng Huang, Jingfeng Wang, Fusheng Pan. A critical review of vanadium-based electrode materials for rechargeable magnesium batteries. // Journal of Materials Science & Technology. – 2023. – V. 153. – P. 56-74.
4. Ракоц А.Г., Бардин И.В. Микродуговое окисление лёгких сплавов // Металлург. – 2010, 6. – С. 58-61.

Предпосылки к совершенствованию промышленной технологии производства длинномерных композиционных сверхпроводящих материалов

Карабанова А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Федоров А.А.

МАИ, Москва

Технический сверхпроводник – это многожильный провод, в котором компоненты из сверхпроводящего материала находятся в бронзовой или медной матрице, имеет диаметр

0,1–6,0 мм, длину порядка $102 \div 104$ метров и состоит из нескольких десятков тысяч сверхпроводящих нитей диаметром 1–50 мкм.

Технология производства сверхпроводников включает получение литой заготовки из ниобия, прессование и волочение на конечный размер композиционной заготовки с промежуточными отжигами. Количество переходов волочения при производстве низкотемпературных сверхпроводников Nb_3Sn в зависимости от коэффициента вытяжки варьируется от 38 до 176. Такое многократное деформирование свидетельствует о значительной трудоёмкости и высокой стоимости производства сверхпроводниковых изделий.

Целью работы явилось совершенствование промышленной технологии изготовления сверхпроводников путём оптимизации режимов деформации сверхпроводниковой заготовки, в состав которой включён ультрамелкозернистый ниобий, полученный двухцикловым горячим гидропрессованием. Новое структурное состояние ниобия потребовало проведения комплекса исследований его реологии на пластометрах высокого давления, разработанных в МАИ. Реологические уравнения, полученные аппроксимацией экспериментальных данных, позволяют скорректировать режимы обжатий заготовок при волочении и сократить их количество, одновременно повысив качество сверхпроводящих материалов.

Список используемых источников:

1. Федоров А. А. Высокие давления в технологии авиационных материалов [Текст] : учебное пособие / Федоров А. А., Беспалов А. В., Соколов А. В., Комаров Р. С. – Москва : МАИ, 2022. – 79 с.
2. Федоров А. А. Сверхпластичность в технологии авиационных материалов [Текст] : учебное пособие / Федоров А. А., Беспалов А. В., Соколов А. В. – Москва: МАИ, 2024. – 108 с.
3. Федоров А. А. Основные принципы теории пластичности [Текст] : учебное пособие / А. А. Федоров, А. В. Беспалов, А. В. Соколов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва : Изд-во МАИ, 2018. – 98 с.
4. Колпашиников А.И. Горячее гидропрессование металлических материалов [Текст] / [А.И. Колпашиников, В.А. Вялов, А.А. Федоров, А.П. Петров]. – Москва : Машиностроение, 1977. – 271 с.

Влияние температуры закалки на структуру и механические свойства коррозионностойкой мартенситно-аустенитной стали со сверхравновесным содержанием азота

Клименков А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Лукин Е.И.

МАИ, Москва

Необходимость в создании новых высокопрочных материалов, в том числе, способных работать при криогенных условиях ($T \leq -196^\circ\text{C}$) связано с развитием авиации, топливно-энергетического комплекса и машиностроения [1].

Среди коррозионностойких сталей аустенитного класса в криогенной технике широко применяются стали 304 и 316 (08X18N10T, 03X17N13M2 соответственно). К их преимуществам относятся высокая пластичность и ударная вязкость ($KCU_{-196^\circ\text{C}} \geq 3,5 \text{ МДж/м}^2$) при пониженных температурах, а основной недостаток- низкая прочность ($\sigma_{0,2} \leq 250 \text{ МПа}$). По этой причине данные стали не применяются в элементах конструкций, подверженных высоким нагрузкам. Мартенситные коррозионностойкие стали (03X12N10MTP-ВД, 03X11N8M2Ф-ВД) наоборот обладают высокой прочностью ($\sigma_{0,2} \geq 900 \text{ МПа}$), но пониженной пластичностью и ударной вязкостью ($KCU_{-196^\circ\text{C}} \leq 0,9 \text{ МДж/м}^2$) при отрицательных температурах, а также в их состав входят дорогостоящие легирующие элементы (Co, Mo, Ti, Nb).

Поэтому важно применять стали переходного класса (аустенитно-мартенситные), которые, благодаря формированию двухфазной структуры, могут обладать достоинствами как аустенитных, так и мартенситных сталей, при этом не имея их недостатков.

Применяемые углеродсодержащие стали переходного класса типа X16H4Б обладают высокой прочностью, но низкой пластичностью и ударной вязкостью при криогенных температурах.

Стали переходного класса (аустенитно-мартенситные) сочетают преимущества аустенитных и мартенситных сталей, избегая их недостатков. Однако углеродсодержащие стали этого класса, такие как X16H4Б, обладают высокой прочностью, но низкой пластичностью и ударной вязкостью при криогенных температурах.

Решение проблемы повышения пластичности и ударной вязкости при отрицательных температурах может быть достигнуто путем частичной или полной замены углерода на азот в стали. Азот как легирующий элемент участвует во всех видах упрочнения, не снижая пластичность и ударную вязкость, что важно для низкотемпературных применений. Кроме того, азот повышает сопротивление коррозии и позволяет уменьшить содержание дорогостоящих элементов, таких как никель, без изменения фазового состава. Легирование азотом также может повысить концентрацию ферритообразователей (Mo, V, W), улучшая механические свойства стали при сохранении ее фазового состава [1-3].

Термическая обработка, в частности закалка, существенно влияет на структуру и механические свойства сталей. Целью исследования является изучение влияния температуры закалки на структуру и механические свойства новой коррозионностойкой мартенситно-аустенитной стали с высоким содержанием азота, обозначаемой как 05X16AH5MФ.

Настоящее исследование выполнено на современном оборудовании и проводилось по актуальным нормативным документам (ГОСТам).

С повышением температуры от 800 до 1200 °С твердость стали 05X16AH5MФ снижается от 28 до 17 HRC, размер зерна увеличивается. Согласно рентгеноструктурным исследованиям, снижение твердости стали 05X16AH5MФ с повышением температуры закалки от 800 до 1200 °С связано с уменьшением количества мартенсита от 55% до 40% и увеличением количества остаточного аустенита от 45% до 60%, что обусловлено растворением частиц карбонитридов хрома и ванадия и переходом азота и углерода в α - и γ -твердый раствор. С увеличением температуры закалки до 1050°С увеличивается параметр кристаллической решетки γ -фазы. Повышение температуры закалки более 1050°С не приводит к дальнейшему увеличению параметра кристаллической решетки γ -фазы, что связано с полным растворением частиц карбонитридов.

С увеличением температуры закалки от 800 до 1100°С прочность ($\sigma_{0,2}$) стали 05X16AH5MФ снижается от 650 до 400 МПа, а ударная вязкость (KCU) возрастает от 2,36 до 3,75 МДж/м².

Сталь 05X16AH5MФ демонстрирует оптимальные механические свойства после термической обработки, включающей закалку при 950°С с охлаждением в масло. Это достигается за счет формирования структуры, состоящей из азотистого реечного мартенсита (~45%) и азотистого аустенита (~55%), а также присутствия дисперсных частиц карбонитридов и отличается высокой прочностью ($\sigma_B = 1300$ МПа, $\sigma_{0,2} = 520$ МПа), пластичностью ($\delta = 28\%$, $\psi = 42\%$) и ударной вязкостью ($KCU+20^\circ C = 3,3$ МДж/м², $KCU-196^\circ C = 1,6$ МДж/м²).

Список используемых источников:

1. Лукин, Е. И. Исследование и разработка никелевых и хромоникелевых сталей со структурой азотистого мартенсита для высоконагруженных изделий : специальность 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лукин Евгений Игоревич, 2016. – 117 с.
2. Недашковский, К. И. О проблемах применения аустенитно-мартенситных сталей в высоконагруженных деталях криогенного тракта ЖРД / К. И. Недашковский, В. И. Новиков // Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. – 2016. – № 33. – С. 217-226.
3. Механические свойства аустенитной коррозионно-стойкой стали с повышенным содержанием азота / В. Ф. Терентьев, Е. В. Блинов, С. Ю. Мушников [и др.] // Деформация и разрушение материалов. – 2011. – № 5. – С. 30-37.

Структура и свойства нового литейного сплава Al-Zn-Mg-Cu-Y с высоким содержанием примесей

Коновалова С.М., Марданшина Т.М.

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

НИТУ МИСИС, Москва

Введение добавок, формирующих эвтектику, в алюминиевые сплавы позволяет повысить их механические и технологические свойства. Одними из таких элементов являются редкоземельные металлы, которые при добавлении в расплав приводят к измельчению зерна в слитках и отливках. Основной проблемой в алюминиевых сплавах является наличие в них примесей железа и кремния, которые могут оказывать негативное воздействие на механические свойства материалов.

В работе изучено, как концентрация примесей Fe и Si, а также режимы охлаждения при кристаллизации влияют на структуру и свойства нового алюминиевого сплава Al-Mg-Zn-Cu-Y в двух состояниях: литом и после гомогенизации.

Для реализации различных скоростей охлаждения были применены три способа получения образцов сплавов: кристаллизация сплава в стальной изложнице (скорость охлаждения – 10-15 градус/с), повторное расплавление сплава и последующее охлаждение вместе с печью (0,02 градус/с), поверхностное лазерное плавление (10^7 градус/с). При изучении влияния скорости охлаждения на размер дендритной ячейки было выявлено, что замедление темпа охлаждения приводит к росту размера ячейки с 1 мкм до 160 мкм.

При увеличении количества добавок кремния литье в стальную изложницу и кристаллизация сплава с печью приводят к росту доли фазы силицида магния (Mg_2Si) и образованию новой фазы $Al_{15}Cu_2Si_2$, представленной в виде игольчатых частиц.

Примесь железа в сплавах, отлитых в стальную изложницу, полностью растворяется в фазе Al_8Cu_4Y , в которой также растворяются атомы Zn. В образцах, закристаллизованных с печи, дополнительно выявлено наличие отдельных частиц фаз Al_1Fe_3 .

Структура, сформированная после лазерного плавления, не позволяет провести идентификацию фаз. Однако в процессе гомогенизации на границах зерен происходит рост частиц Al_8Cu_4Y .

В процессе гомогенизации образцов, полученных кристаллизацией в печи и изложнице, фаза T (Al, Zn, Mg, Cu) частично растворяется и преобразуется в фазу S ($(Al,Zn)_2MgCu$). Изменений в морфологии фаз, содержащих Y, не происходит.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (Project No. 22-79-10142), <https://rscf.ru/project/22-79-10142/>.

Анализ деформационного упрочнения высокоазотистой стали мартенситного класса при механических и триботехнических испытаниях

Копылова Д.С., Обливанцев К.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Севальнев Г.С.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, Москва

Хромистые подшипниковые стали находят широкое применение в современном машиностроении, обеспечивая работу подшипников качения в условиях высоких контактных нагрузок и воздействий коррозионно-активных сред. Однако, одним из существенных недостатков этих сталей является наличие карбидной неоднородности. Наряду с мелкими карбидами, в структуре присутствуют крупные карбидные фазы, которые, в силу своей высокой твердости и хрупкости, склонны к выкрашиванию, что в свою очередь приводит к формированию вибраций в подшипнике качения и ускоренному выходу изделия из строя [1].

Перспективным направлением развития подшипниковых сталей является частичное замещение углерода азотом. Данный подход, подтвержденный результатами исследований [2], позволяет получить в структуре мелкодисперсные избыточные фазы, что приводит к повышению износостойкости и улучшению механических свойств. В дополнение к этому, в высокоазотистых сталях, относящихся к мартенситному классу, представляется возможным

регулировать фазовый состав, варьируя параметры термической обработки, и таким образом получить высокий комплекс механических и триботехнических характеристик.

Для достижения высоких концентраций азота в сталях различных классов необходимо тщательно подбирать и оптимизировать состав легирующих элементов, способствующих увеличению растворимости азота. Одним из распространенных способов легирования сталей азотом является метод электрошлакового переплава под избыточным давлением азота (ЭШПД). Для предотвращения газовой пористости при переплаве, давление подаваемого азота рассчитывается на по закону Сивертса. Для увеличения содержания азота в стали, в расплав вводятся азотосодержащие ферросплавы (феррохром, ферромарганец), которые минимально влияют на химический состав стали по основным легирующим элементам.

В ходе исследования было изучено влияние температуры термической обработки на свойства высокоазотистой стали мартенситного класса, применяемой для изготовления деталей подшипников качения, подвергающихся высоким контактным нагрузкам, интенсивному износу и воздействиям агрессивных сред в процессе эксплуатации. Проведенный анализ позволил установить взаимосвязь между структурно-фазовыми превращениями, происходящими в диапазоне температур 900–1100°C, и изменением микротвердости, механических и триботехнических характеристик исследуемой стали, а также отсутствие эффектов деформационного упрочнения.

Список используемых источников:

1. Г. С. Севальнев, А. В. Востриков, Д. Ю. Нефедкин и др. Исследование структуры, распределения карбидной фазы, твердости и триботехнических характеристик высокохромистых подшипниковых сталей мартенситного класса // Труды ВИАМ: электрон. науч. - технич. журн. 2023. №. 10. Ст. 2. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 25.12.2024). DOI 10.18577/2307-6046-2023-0-10-13-23.

2. М. В. Анцыферова, И. О. Банных, Е. И. Лукин и др. Структура и свойства высокопрочных низколегированных мартенситных сталей со сверхравновесным содержанием азота // Электрометаллургия. 2023. № 5. С. 2- 11. DOI: 10.31044/1684-5781-2023-0-5-2-11.

Механические свойства и кинетика распада твердого раствора на основе алюминия в сплавах системы Al-Mn-Cu-Zr-Er

Марданшина Т.М., Рыжакова О.М.

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

НИТУ МИСИС, Москва

Алюминиевые сплавы, благодаря своей легкости, коррозионной стойкости и высокой удельной прочности, широко применяются в аэрокосмической, автомобильной и других промышленных отраслях в РФ и за рубежом. Для деталей ответственного назначения при использовании при повышенных температурах применение алюминиевых сплавов ограничено из-за снижения прочности и устойчивости к ползучести. В связи с чем актуальны исследования с получением новых композиций сплавов и технологические схемы их производства, которые способны повысить жаропрочность и устойчивость к деформации.

Работа направлена на разработку составов и технологий получения листов алюминиевых сплавов с высокой низкотемпературной прочностью. В работе будет получена структура сплавов с высокой плотностью дисперсоидов, включая фазы с квазикристаллической структурой, выделенные из пересыщенного твердого раствора алюминия и определение механических свойств сплавов системы Al-Mn-Cu-Zr-Er.

Для исследования были выбраны сплавы Al-Mn-Cu-Zr-Er, отличающиеся добавками Ti, Si, V, Be. Литературный обзор показал перспективность сплавов с основными легирующими элементами, выбраны композиции сплавов для изучения механизмов ползучести в контексте влияния дисперсоидов на механические характеристики материалов. Выбор сплавов обусловлен возможным влиянием легирующих элементов на механизмы ползучести в зависимости от состава и структуры.

Целью работы было получение сплавов с максимально возможным пересыщенным твердым раствором алюминия, в связи с чем плавка и разливка сплавов осуществлялись в индукционной печи при атмосфере аргона с давлением 0,3 атмосферы, после предварительного вакуумирования камеры до давления 10-2 Па. Слитки толщиной 3 мм получены литьем в медную изложницу. Механические свойства и кинетика распада пересыщенного твердого раствора алюминия исследована после прокатки литых слитков до толщины 1 мм.

Изучена микроструктура образцов литых сплавов, после прокатки и отжига, при помощи светового микроскопа Zeiss в поляризованном свете.

Кинетику распада пересыщенного алюминиевого твердого раствора изучали при помощи измерения твердости в интервале температур 300–400°C и времени отжига до 100 ч. Проанализированы изменения состава твердого раствора, растворение неравновесных избыточных фаз кристаллизационного происхождения и выделение дисперсоидов в процессе отжига. Кривые изменения твердости для всех сплавов остаются схожими в пределах экспериментальной погрешности.

По оценке микроструктуры определено, что наличие циркония в сплавах сдерживает процессы рекристаллизации после отжига при низких температурах, при повышении температуры отжига проходит частичная/полная рекристаллизация в сплавах.

Механические свойства сплавов оценены на образцах на одноосное растяжение при комнатной и повышенных температурах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00791, <https://rscf.ru/project/23-19-00791/>.

Список используемых источников:

1 Колобнев Н. И. Жаропрочность алюминиевых деформируемых сплавов //Авиационные материалы и технологии. – 2016. – №. 1 (40). – С. 32-36.

2 Tsvoulas D. et al. Effects of combined Zr and Mn additions on dispersoid formation and recrystallisation behaviour of AA2198 sheet //Advanced Materials Research. – 2010. – Т. 89. – С. 568-573.

3 Zupanič F. et al. Effect of Cu on rapidly solidified Al–Mn–Be alloy /Materials characterization. – 2012. – Т. 70. – С. 48-54.

4 Zupanič F. et al. Quasicrystalline and L12 precipitates in a microalloyed Al–Mn–Cu alloy /Materials Today Communications. – 2020. – Т. 22. – С. 100809.

Прогнозирование жаропрочных свойств псевдо α -титанового сплава при повышенных температурах

Михонов В.В., Хажакян В.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Егорова Ю.Б.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В работе исследованы пределы кратковременной и 100-часовой длительной прочности при температурах от 20 до 650°C штампованных поковок из жаропрочного псевдо α -титанового сплава системы Ti-Al-Zr-Mo-Nb-Si. Статистический анализ опубликованных (справочных и экспериментальных) данных и результатов производственных испытаний был проведен с использованием ППП Statistica. Для этого применяли корреляционный и регрессионный анализы при доверительной вероятности 0,95. Сначала были проанализированы литературные сведения, характеризующие температурные зависимости пределов кратковременной и длительной прочности. Установлено, что при температурах эксплуатации 500-600°C предел прочности уменьшается на 20-30% по сравнению с комнатной температурой. Получена регрессионная температурная зависимость для оценки степени разупрочнения (предела прочности в процентах по сравнению с комнатной температурой). Модель позволяет оценить уровень прочности при повышенных температурах, если известны результаты испытаний на растяжение при нормальной температуре. Выявлена значимая связь между пределом 100-часовой длительной прочности и кратковременной прочностью. Обоснован температурный коэффициент регрессии,

характеризующий абсолютную величину разупрочнения сплава при испытаниях на длительную прочность.

На следующем этапе исследований были проанализированы статистические данные, содержащие результаты производственных испытаний поковок после отжига по стандартному режиму. Обоснованы статистические диапазоны легирования в перерасчете на структурные эквиваленты по алюминию и молибдену: трехсигмовый интервал для эквивалента по алюминию 9,05-10,25% (по массе), среднее 9,65% (по массе); трехсигмовый интервал для эквивалента по молибдену 1,1-1,4% (по массе), среднее 1,25% (по массе). Проведен расчет пределов кратковременной и 100-часовой длительной прочности при различных температурах и уровнях легирования: 1) по нижней, средней и верхней границе поля допуска по ОСТ; 2) по нижней, средней и верхней границе фактического «трехсигмового» интервала. Обоснованы значения эквивалентов по алюминию и молибдену, обеспечивающих требования отраслевого стандарта (предел прочности ≥ 560 МПа, предел длительной прочности ≥ 275 МПа при температуре 600°C).

Конечно-элементный расчет подкрепленной конструкции с учетом ползучести

Пахомова Д.П.

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

МАИ, Москва

В современном авиастроении немаловажным фактором является вес летательного аппарата, а также жесткостные и прочностные характеристики. Однако с увеличением скорости летательных аппаратов возрастает и нагрев конструкции. Одна из актуальных проблем — это явление ползучести материалов, которая влияет на длительность эксплуатации аппарата.

В исследовании экспериментальные данные о результатах прогибов кессона в результате возникновения ползучести сравнивались с расчетными величинами, полученными с использованием уточненной теории подкрепленных оболочек и изохронных кривых материалов конструктивных элементов конструкции, а также численных решений на основе метода конечных элементов. В ходе работы проведен численный расчет, в котором учитываются нелинейные свойства материалов, а также во втором случае задаются коэффициенты ползучести.

На первом этапе рассмотрены нелинейные свойства материала и построены кривые ползучести элементов рассматриваемого кессона, а также определены коэффициенты ползучести.

После нахождения коэффициентов ползучести с помощью программы NX были получены результаты, которые необходимо рассмотреть с помощью формулировки закона ползучести Содерберга.

После получения первых результатов была проведена проверка значений по двум методам для определения более корректного способа расчета. С помощью программы Femar и КЭ анализу были построены кривые процесса, которые показывали, что наилучшую сходимость решений показывали данные, полученные с использованием изохронных кривых.

Список используемых источников:

- 1.Зотов А. А. Расчет самолета на прочность //Внешние нагрузки. Конструкционно-силовые схемы. Конструкционные материалы: Учебное пособие. М.: Вузовская книга. – 2014.
- 2.Авдонин А. С., Фигуровский В. И. Расчет на прочность летательных аппаратов //М.: Машиностроение. – 1985. – С. 440.
- 3.Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций. – 1966.
- 4.Кретов, А. С. О проектировании нагретых авиаконструкций с использованием термосилового аналогии / А. С. Кретов // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2006. – № 3. – С. 6-11. – EDN KNTXOF.

Проявление эффекта водородного пластифицирования в интерметаллидном титановом сплаве ВТИ-4

Румянцев К.

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

МАИ, Москва

Технологии, основанные на реализации эффекта водородного пластифицирования являются перспективными для снижения энергетических и экономических затрат процессов горячей обработки титановых сплавов. Польза водорода как временного легирующего элемента заключается в снижении деформирующих усилий или температуры горячей деформации. Наиболее важна возможность проявления данного эффекта для сплавов на основе интерметаллидов титана. Данные материалы характеризуются высоким уровнем прочностных свойств и низкими показателями технологичности. Кроме того, высокая жаропрочность, а также низкая плотность позволяет им стать альтернативой сталям и никелевым сплавам в производстве деталей, например, компрессора газотурбинного двигателя [1]. Наилучшую технологическую пластичность среди данной группы материалов демонстрируют сплавы на основе соединения Ti_2AlNb (О-фазы), за счёт наличия в составе большого количества β -стабилизирующего ниобия [2].

Целью данной работы является определение влияния концентрации водорода и температуры деформации на технологическую пластичность интерметаллидного сплава ВТИ-4.

Данный интерметаллидный сплав в исходном состоянии был представлен О-фазой и небольшим количеством β -фазы. Технологическая пластичность образцов из сплава ВТИ-4 оценивалась в ходе проведения механических испытаний на осадку. Было установлено, что при температуре 950°C дополнительное легирование сплава водородом до концентраций 0,2–0,3% приводит к увеличению доли β -фазы и снижению начальных усилий осадки с 340 до 240 МПа. Однако анализ поверхности образцов, наводороженных до 0,3%, после осадки показал наличие трещин, что, по-видимому, связано с присутствием в них существенного количества хрупкой Ti_3Al (α_2) фазы. Поэтому дальнейшие исследования проводились на образцах, содержащих не более 0,2% водорода.

Снижение температуры осадки до 900°C ожидаемо приводит к повышению начальных усилий осадки. Однако, введение 0,1 и 0,2% водорода позволяет снизить усилия с 370 до 300 и 250 МПа, соответственно.

Деформация образцов из сплава ВТИ-4 при температурах ниже 900°C приводит не только к дальнейшему резкому росту усилий сжатия, но и заметному снижению проявления эффекта водородного пластифицирования. Так, например, значения начальных усилий осадки при температуре 850°C на образцах, наводороженных до 0,1 и 0,2% водорода снижаются не более чем на 4% по сравнению с нелегированными водородом образцами. Кроме того, процессы насыщения водородом в сплавах на основе О-фазы затруднены, что обусловлено малой объёмной долей β -фазы. Сочетание этих факторов делает реализацию водородной технологии при температурах ниже 900°C нецелесообразной.

Таким образом, для максимального проявления эффекта водородного пластифицирования в сплаве ВТИ-4 необходимо обеспечить концентрацию водорода не более 0,2% и проводить деформацию в температурном интервале 900–950°C.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10260, <https://rscf.ru/project/22-79-10260/>.

Список используемых источников:

- Илларионов А.Г., Демаков С.Л., Водолазский Ф.В., Степанов С.И., Илларионова С.М., Шабанов М.А., Попов А.А. Сплавы на основе орторомбического алюминиды титана Ti_2AlNb : фазовый состав, легирование, структура, свойства // Металлург. 2023. №3. С. 42-54.
- Алексеев Е.Б., Ночовная Н.А., Скворцова С.В., Панин П.В., Умарова О.З. Определение технологических параметров деформации опытного жаропрочного сплава на основе интерметаллида Ti_2AlNb // Титан. 2014. №2. С. 34-39.

Структура и свойства новых электропроводных сплавов

Al–Zr–Sm и Al–Sc–Sm

Рыжакова О.М., Коновалова С.М.

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

НИТУ МИСИС, Москва

Алюминиевые сплавы играют важную роль в современных технологиях, особенно в области электропередачи, благодаря невысокой плотности и коррозионностойким свойствам. Однако увеличение потребления электроэнергии требует от этих сплавов способности передавать большие токи, что приводит к повышению температуры и снижению механических свойств.

Скандий повышает прочность алюминиевых сплавов благодаря образованию наноразмерных частиц Al_3Sc . Совместное использование скандия и циркония улучшает механические свойства, так как частицы $\text{Al}_3(\text{Sc},\text{Zr})$ обеспечивают стабильность благодаря медленной коагуляции. В работе рассматриваются новые электропроводные сплавы на основе Al–Zr и Al–Sc с добавлением редкоземельного элемента самария, который образует L12-дисперсоиды, состава $\text{Al}_3(\text{Sc}, \text{Sm})$ или $\text{Al}_3(\text{Zr}, \text{Sm})$, частично замещая в них скандий или цирконий.

Целью данной работы является определение влияния Sm на структуру и свойства сплавов Al–Zr и Al–Sc. В работе исследовано влияние добавки 0,3% Sm на исходную структуру, фазовый состав и твердость сплавов Al–0,2% Sc и Al–0,3% Zr в исходном состоянии и в процессе термической обработки при температурах от 270 до 480°C в течение разного времени до 100 часов.

В литой структуре сплавов наблюдаются дисперсные включения, расположенные по границам зерен и дендритных ячеек, обогащенные только самарием. Данные частицы идентифицированы как Al_3Sm в соответствие с рентгеновскими исследованиями и фазовыми диаграммами. Скандий и цирконий полностью растворены в твердом растворе алюминия, также в нем определено 0,1–0,2% самария.

Установлено, что при увеличении времени выдержки, оба сплава упрочняются при всех температурах. Добавление 0,3% Sm обеспечивает прирост твердости больший, чем в сплавах Al–0,3% Zr и Al–0,2% Sc, за счет выделения когерентных алюминиевой матрице дисперсоидов фаз $\text{Al}_3(\text{Sc},\text{Sm})$ или $\text{Al}_3(\text{Zr},\text{Sm})$.

Оптимальным режимом термообработки для сплава Al–0,2Sc% –0,3% Sm является выдержка в течение 3 часов при 300°C, так как при ней было достигнуто максимальное значение твердости 64 HV. Для сплава Al–0,3% Zr–0,3% Sm – 100 ч при 360°C, обеспечивает максимальную твердость 44 HV.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда 24-79-00036 (<https://rscf.ru/en/project/24-79-00036/>).

Исследование жаростойкости сплавов на основе титана и его интерметаллидов для деталей авиационного двигателя

Рябов А.А., Тевс М.Д., Смирнов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мамонов А.М.

МАИ, Москва

Развитие авиации непрерывно связано с созданием новых материалов. Главными свойствами, которыми должны обладать сплавы деталей авиационных двигателей, являются жаропрочность и жаростойкость.

В процессе окисления на поверхности металла образуется плотный слой оксидной пленки. При дальнейшем окислении ионы кислорода диффундируют через слой оксидов, внедряются в основной металл, образуя альфированный слой.

В работе оценку жаростойкости проводили на прутках из сплава на основе титана BT18У псевдо-□-класса и на сплаве ВТИ-4 на основе интерметаллида титана Ti_2AlNb .

Проведённые металлографические исследования показали, что структура сплавов BT18У и ВТИ-4 в деформированном состоянии является бимодальной.

Сплавы ВТ18У и ВТИ-4 имеют примерно схожую твёрдость около 35,0 ед. НRC.

В работе исследовалась жаростойкость изучаемых сплавов при высокотемпературном окислении в печах с воздушной атмосферой. Для этого образцы подвергались длительной изотермической выдержке при рабочих температурах: 650°C для сплава ВТ18У и 700°C для сплава ВТИ-4. Общее время выдержки составило 100 часов. Охлаждение проводилось на воздухе. Критериями оценки жаростойкости служили внешний вид окалины, её толщина и увеличение массы образца. Контроль всех критериев, кроме толщины окалины, проводился через 1 час, 5 часов, а далее через каждые 10 часов.

Визуальный осмотр внешнего вида образцов показал, что после окисления в течение 5 часов наблюдается некоторое потемнение поверхности образцов с образованием цветов побежалости. С увеличением времени выдержки до 10 часов окисная плёнка переходит в окалину, которая становится более плотной и имеет серо-коричневый цвет. Следует отметить, что на образцах из сплавов ВТ18У и ВТИ-4 отчётливо видно, что окалина состоит из двух слоёв: верхнего хрупкого серого цвета и нижнего тёмно-коричневого цвета повышенной когезионной прочности. Дальнейшее увеличение времени окисления до 100 часов не приводит к существенным изменениям внешнего вида окалины. Образовавшаяся окалина на образцах из всех исследуемых сплавов бездефектная и плотная.

В работе была изучена кинетика взаимодействия титановых сплавов с кислородом при высокотемпературном окислении. Для этого образцы взвешивали и по изменению массы выработок определяли их привес. В первый час окисления прирост окисной плёнки у всех исследуемых сплавов происходит со скоростью близкой линейной, который для сплавов ВТ18У и ВТИ-4 сохраняется до 1 часа. Так, скорость образования окалины не превышает 0,01 г/см². С увеличением времени окисления вплоть до 100 часов рост окалины на сплавах ВТ18У и ВТИ-4 сменяется на логарифмический, что свидетельствует об уменьшении диффузии кислорода вглубь металла.

В завершении была определена толщина окалины, образовавшейся после 100-часовой выдержки. Анализ полученных результатов показал, что толщина окалины у жаропрочных сплавов ВТ18У и ВТИ-4 близкая и составляет около 50 мкм, что является хорошим показателем жаростойкости.

Список используемых источников:

1. Ильин А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, И.С. Полькин. — М.: ВИС-МАТИ, 2009. — 520 с.

Способы повышения стойкости титановых сплавов к динамическим нагрузкам

Смирнов А.А., Смирнов П.А., Рябов А.А.

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

МАИ, Москва

Повышение стойкости материалов к динамическому воздействию, в том числе и высокоскоростному, является перспективным и важным направлением в различных отраслях промышленности. Основа методов получения таких материалов – создание в них отличных друг от друга по свойствам областей, а именно: высокопрочного поверхностного слоя для противодействия процессам зарождения трещин и вязкопластичной сердцевины для затруднения развития уже образованных трещин [1].

Развитие техники и технологий позволило создать несколько способов реализации таких материалов, например, изготовление многослойных материалов типа «Сэндвич», использование композиционных материалов или формирование в цельном монолитном материале градиентной структуры.

В свою очередь для того, чтобы сформировать монолитный материал с кардинально отличающимися структурами по его сечению, можно применять различные виды специальных обработок, такие как: пакетная прокатка разнородных материалов, сварка взрывом или нанесение покрытий с высокой адгезионной прочностью. В титановых сплавах одним из наиболее перспективных направлений является формирование градиентной

структуры по сечению материала за счёт применения водородной технологии, основанной на обратимом легировании водородом [2].

Таким образом, цель работы заключалась в определении влияния легирования водородом на формирование градиентной структуры и механических свойств высоколегированных титановых сплавов.

Исследования проводились на образцах из титанового сплава ВТ23 с применением общепринятых методик на современном аналитическом оборудовании.

В результате взаимодействия водорода с титановыми сплавами можно сформировать два принципиально отличающихся вида градиентных структур: объемную, когда водород вводится в равной степени со всех сторон заготовки, и линейную, когда введение водорода ограничено только одним заданным направлением.

Водород, являясь β -стабилизатором, позволяет локально увеличить объемную долю β -фазы в сплаве ВТ23 до 100%, что в процессе последующей дегазации приводит к формированию мелкодисперсной структуры и обеспечивает высокие прочностные свойства. Распределение водорода и, следовательно, глубину преобразованного слоя можно контролировать за счёт изменения концентрационно-временных параметров наводороживающего отжига. Увеличение скорости охлаждения заготовок ограничивает процессы перераспределения водорода в сплаве, и это позволяет сохранить структуру сердцевины нетронутой. Как показали проведенные исследования, введение 0,2% водорода формирует объемную градиентную структуру, включающую поверхностный слой с мелкодисперсной структурой со всех сторон заготовки толщиной 1,7–2,0 мм.

Формирование линейного градиента структуры сопряжено с необходимостью ограничить доступ водорода в сплав со всех направлений, кроме одного определенного. Для этих целей в исследованиях были использованы защитные нитридные покрытия.

Исследования [3] показали, что однонаправленное введение до 0,2% водорода приводит к получения в сплаве ВТ23 такого структурного состояния, когда с фронтальной стороны формируется твердый слой с мелкодисперсной структурой толщиной 5,5 мм, что составляет порядка 1/3 от всей толщины заготовки, а с тыльной стороны формируется крупнопластинчатая структура с повышенной вязкостью. Установлено, что твердость поверхностного слоя и сердцевины в образцах с градиентными структурами обоих видов составляет 41 и 34 HRC, соответственно. Ударная вязкость в образцах с объемным и линейным градиентом структуры составила KCU 0,51 и 0,43 МДж/м², соответственно. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования сплава ВТ23 с градиентными структурами в условиях высокоэнергетического динамического воздействия разных типов.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-79-10264, <https://rscf.ru/project/22-79-10264/>.

Список используемых источников:

1. Григорян В. А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М., Чистяков Е.Н. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования. М.: РадиоСофт, 2008. 406 с.
2. Ильин А.А., Колачев Б.А., Носов В.К., Мамонов А.М. Водородная технология титановых сплавов. М.: МИСиС, 2002. 392 с.
3. Gvozdeva O. N., Stepushin A. S., Shalin A. V., Zaynetdinova G. T. Formation of a unidirectional gradient structure in titanium alloy using reversible hydrogen alloying // Non-Ferrous Metals. 2021. P. 34–40.

Разработка пористого титанового покрытия с применением органического связующего

Тевс М.Д., Румянцев К., Рябов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, Москва

Крупные суставы человека часто подвергаются различным заболеваниям, в следствии которых приходится проводить хирургическую замену на искусственные суставы. Тазобедренный сустав (ТБС) входит в тройку по частоте замен. Со временем было разработано два варианта соединения протеза с костью: цементная и бесцементная. Долгий срок службы последнего обеспечивается за счет хорошей остеоинтеграции костной ткани в пористое покрытие.

Цель данного исследования состояла в создании пористого титанового покрытия для ацетабулярного компонента эндопротеза тазобедренного сустава с высокой сквозной пористостью. Был опробован метод нанесения на поверхность плоской подложки из титанового сплава порошка с использованием органического связующего поливинилового спирта (ПВС) и порообразователя хлорида натрия дисперсностью около 500 мкм. Основываясь на проведенных ранее исследованиях [1], необходимо было получить пористость 50–60% с размером пор 100–400 мкм и адгезионной прочностью не менее 40 МПа.

Основой для покрытия послужили пластинки из титанового сплава ВТ6, которые предварительно подвергались пескоструйной обработке для лучшего контакта покрытия с поверхностью. Для покрытия использовался титановый порошок мелкой фракции из сплава ВТ6 (20–50 мкм) и титановый порошок крупной фракции (200–450 мкм) сплава ВТ1-0.

Исследовалось несколько вариаций смесей порошка и порообразователя, а также разное усилие прессования полученной смеси. Перед последующим спеканием при температуре 1200°C образцы подвергали обработке в водяной бане для выпаривания связующего и хлорида натрия

По результатам проведенных исследований было установлено, что для получения пористости 50–60% необходимо следующие соотношения компонентов: 1 объемная часть жидкого ПВС, 2 части порообразователя и 2 части титанового порошка. Предварительное прессование с усилием не менее 490 МПа крупного титанового порошка крупной фракции позволяет обеспечить механический контакт между частицами и покрытием, который преобразуется в физико-химический при последующем вакуумном отжиге.

Прессование титанового порошка мелкой фракции с последующим выпариванием порообразователя и связующего приводит к его «оседанию» и формированию при последующем отжиге практически безпористого покрытия.

Для увеличения контакта между частицами и основой на следующем этапе работы будет использоваться термоводородная обработка, которая, как ранее было показано [2], позволяет повысить силу сцепления покрытия с основой за счет обратимого легирования.

Список используемых источников:

1. Исследование структуры пористых титановых покрытий ацетабулярных чаш эндопротезов тазобедренного сустава, полученных по различным технологиям/ Гвоздева О.Н., Гуртовая Г.В., Ручина Н.В., Тевс М.Д.// Титан, 3-4. – 2022. – С.32-37.
2. Исследование структуры и свойств пористых титановых покрытий, полученных различными методами/ Иванов А.Е., Скворцова С.В., Ручина Н.В., Мамонтова Н.А., Спектор В.С., Тевс М.Д.//Титан. – 2022. - №1. – С. 4-7.

Влияние температуры закалки на износостойкость высокоазотистой аустенитной стали в среде жидкого азота

Черненко Д.В., Черненко Т.В.

Научный руководитель — д.т.н. Блинов Е.В.

ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, Москва

В настоящее время в нефтяной, химической, авиакосмической промышленности для немагнитных элементов конструкций широко используются коррозионностойкие аустенитные стали типа X18H9 (AISI 304) и X17H13M2 (AISI 316). Существенным недостатком этих сталей является низкая статическая, циклическая прочность и износостойкость. Кроме того, аустенитные стали X18H9 и X17H13M2 могут претерпевать мартенситное превращение под действием нагрузки и низких температур. Это ограничивает применение данных сталей в ответственных элементах конструкций, работающих в условиях сухого трения скольжения при низких температурах. Одним из способов решения данной проблемы является легирование коррозионностойких аустенитных сталей азотом. Азот снижает склонность к мартенситному превращению, повышает коррозионную стойкость и обеспечивает высокое твердорастворное и деформационное упрочнение аустенита от которого зависит износостойкость [1, 2].

Износостойкость азотосодержащих коррозионностойких аустенитных сталей при комнатной температуре (+20°C) изучена достаточно подробно в [1-3]. Однако данные по износу высокоазотистых аустенитных сталей (ВАС) в условиях сухого трения скольжения и криогенной среды ограничены. Практически отсутствуют систематические данные о влиянии температуры закалки на износостойкость ВАС. Хотя от температуры закалки зависит содержание азота в γ – твердом растворе стали, размер зерна, наличие либо отсутствие частиц избыточной фазы, что существенно влияет на механические свойства стали. Также, используемые в работах [1-3] в качестве контртел сталь ШХ15 и сталь 45, охрупчиваются при проведении испытаний на сухое трение скольжения в условиях криогенной температуры и абразивно изнашивают образец. Поэтому важно использовать самоспряженную систему, в которой контртело изготовлено из того же материала, что и исследуемый образец.

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния температуры закалки на износостойкость высокоазотистой коррозионностойкой аустенитной стали в самоспряженной системе при сухом трении скольжения в среде жидкого азота (–196°C).

В качестве объекта исследования была выбрана высокоазотистая коррозионностойкая аустенитная сталь 05X22AG15H8MФ, подверженная закалке на твердый раствор (950–1200°C) в воду с выдержкой в печи 1 ч. Полученные результаты сравнивали с широко применяемой коррозионностойкой аустенитной сталью 08X18H9Т, закаленной при таких же температурах. Испытания на сухое трение скольжение проводились по схеме палец-диск на установке разработанной в ИМЕТ РАН при скорости вращения контртела 4,2 м/с и температуре –196°C. Износостойкость определяли по потере массы образцов.

После закалки от выбранных температур для стали 05X22AG15H8MФ были построены кривые распределения зерен по размерам. Было определено, что с увеличением температуры закалки высота максимума кривой N_{max} , соответствующая размеру зерна DN_{max} смещается в сторону больших значений. Наиболее равномерное распределение зерен наблюдали после закалки от 1150°C. Однако наибольшей износостойкостью исследуемая сталь обладала после закалки от 1100°C. По-видимому, это связано с наличием незначительного количества мелких нитридов ванадия и хрома. Во время проведения испытаний на трение нитриды принимали на себя часть приложенной нагрузки и способствовали образованию смешанного слоя, снижая интенсивность износа стали [4]. Крупные выделения нитридов, наблюдаемые по границам и в теле зерна стали 05X22AG15H8MФ, закаленной от 950°C, наоборот, являлись дополнительными концентраторами напряжений и приводили к образованию многочисленных микротрещин в поверхностном слое изнашиваемых образцов. С повышением температуры нагрева под закалку от 1100 до 1200°C разупрочнение, вызванное растворением нитридов, компенсировалось за счет упрочнения γ – твердого раствора азотом. Это приводило к увеличению плотности дислокаций, повышению микротвердости и

снижению пластичности в зоне контакта пар трения стали 05X22АГ15Н8МФ и незначительному повышению интенсивности изнашивания данной стали с повышением температуры закалки от 1100 до 1200°С. Высокоазотистая аустенитная сталь 05X22АГ15Н8МФ по механическим свойствам и износостойкости в условиях сухого трения скольжения при +20 и –196°С превосходит сталь 08Х18Н9Т и является перспективным материалом для высоконагруженных немагнитных элементов конструкций, работающих в парах трения при низких температурах.

Список используемых источников:

1. Блинов В. М., Банных, О. А., Пойменов, И. Л., Андреев, Ч. А., Сарьянов, Л. А. Износостойкость высокоазотистых немагнитных хромомарганцевых сталей // *Металлы*. — 1982. — № 6. — С. 142-145.
2. Влияние термической обработки и пластической деформации на износостойкость при трении скольжения высокопрочных коррозионно-стойких азотсодержащих сталей / В. М. Блинов, О. А. Банных, М. В. Костина [и др.] // *Металлы*. — 2007. — № 6. — С. 57-64.
3. Структура и трибологические свойства азотсодержащих нержавеющей аустенитных сталей / Л. Г. Коршунов, В. В. Сагарадзе, Н. Л. Черненко [и др.] // *Вопросы материаловедения*. — 2012. — № 3(71). — С. 136-145.
4. Yong-Suk K., Seung-Duk K., Sung-Joon K. Effect of phase transformation on wear of high-nitrogen austenitic 18Cr–18Mn–2Mo–0.9N steel / Yong-Suk K., Seung-Duk K., Sung-Joon K. // *Materials Science and Engineering A*. — 2007. — № 450. — С. 1075-1078.

Исследование взаимосвязей кратковременных механических свойств титановых сплавов

Шевченко С.Р., Михонов В.В., Хажакаян В.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Егорова Ю.Б.

Московский Политех, Ступинский филиал МАИ, Москва

В работе проанализированы статистические взаимосвязи характеристик пластичности (относительное удлинение, поперечное сужение), ударной вязкости, твердости по Бринеллю и Роквеллу, условного предела текучести, предела прочности прутков и поковок из титановых сплавов разных классов после стандартного отжига. Для статистического анализа использовали различные массивы исходных данных, содержащих литературные сведения (массив №1, 115 отечественных и зарубежных сплавов), результаты производственных испытаний (массивы №2 – 11, 24 сплава) и экспериментальных исследований (массив №13, 8 сплавов). Основными источниками литературных сведений являлись материалы монографий и справочников. Для исследования взаимосвязей свойств применяли корреляционный и регрессионный анализы с помощью ППП Statistica при доверительной вероятности 0,95. Для сопоставления сплавов использовали процедуру «Сравнение регрессий».

На первом этапе были проанализированы литературные сведения, характеризующие связь относительного удлинения, поперечного сужения и ударной вязкости с пределом прочности 115 сплавов. Выявлено, что рост предела прочности на 10 МПа приводит к снижению относительного удлинения в среднем на 0,2%, поперечного сужения – на 0,4%, ударной вязкости – на 0,015 МДж/м².

На следующем этапе были проанализированы массивы, содержащие результаты производственных испытаний и промышленного контроля прутков и поковок полуфабрикатов, изготовленных на различных предприятиях. Между исследованными факторами (относительное удлинение, поперечное сужение, предел прочности, условный предел текучести, ударная вязкость) наблюдаются значимые корреляционные связи. Коэффициенты корреляции находятся в интервале от 0,6 до 0,99 (по модулю). На основе процедуры «Сравнение регрессий» было проведено сопоставление результатов регрессионного анализа различных массивов, которое показало, что факторные коэффициенты регрессии статистически различаются незначимо, являются статистически устойчивыми и не зависят от марки сплава, вида полуфабриката, технологии изготовления и

т.п. Свободный член моделей, напротив, зависит от технологических особенностей производства и может быть уточнен на основе данных промышленного контроля.

На основе статистического анализа экспериментальных данных были исследованы зависимости предела прочности от твердости по Бринеллю (диаметра отпечатка) и Роквеллу для 8 сплавов. Коэффициенты корреляции изменяются от 0,76 до 0,97 в зависимости от марки сплава. Установлено, что увеличение твердости по Роквеллу на 1 ед. HRC приводит к повышению предела прочности в среднем на 30 МПа.

Проведенные исследования позволили получить обобщенные регрессионные модели для ориентировочной оценки относительного удлинения, поперечного сужения, ударной вязкости, условного предела текучести от предела прочности, а предела прочности от уровня твердости отожженных прутков и поковок.

Секция №8.4 Перспективные композиционные и неметаллические материалы, технологии их производства

Фазовые равновесия и взаимодиффузия в трехкомпонентной фотополимеризующейся системе «трет-бутилакрилат-триэтиленгликоль диметакрилат-СЭВА-40»

Бажанов Д.А.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ РАН, Москва

В настоящее время в мире наблюдается стремительный рост использования методов аддитивного производства (3D-печати) на основе фотополимеризации для изготовления прототипов и мелкосерийного выпуска деталей. Вследствие чего всё больше исследований посвящено разработке новых и модификации существующих фотополимеризующихся систем с целью их применения в ранее недоступных областях [1]. Как известно, коммерческие фотополимерные композиции (ФПК), применяемые в 3D-печати, в основном представляют собой сложные многокомпонентные системы на основе (мет)акрилатов [2]. Они, как правило, состоят из нескольких мономеров, олигомеров, фотоинициаторов и добавок различного функционального назначения. К последним, к примеру, относятся модификаторы/наполнители, используемые для усиления хрупкой матрицы ФПК и, соответственно, улучшения физико-механических свойств отвержденного материала.

Анализ литературы показал недостаток информации в области исследований взаимной растворимости и возникающих фазовых равновесий при смешении компонентов ФПК в широком концентрационном и температурном диапазонах. В частности, отсутствовала какая-либо информация о взаимодиффузии компонентов в ФПК, модифицированных термопластичными полимерами. В связи с этим, на первом этапе мы провели исследование растворимости и взаимодиффузии в бинарных смесях типа «фотоотверждаемый мономер–термопластичный модификатор», где первым компонентом был трет-бутилакрилат (ТБА), а вторым – сополимеры этилена и винилацетата (СЭВА) с содержанием ВА от 0 мас.% (полиэтилен низкой плотности) до 40 мас.% (СЭВА-40) [3]. Целью текущей работы являлось продолжение начатого исследования в направлении усложнения исследованных систем третьим компонентом, выполняющим функцию разветвителя цепи при отверждении ФПК. Были изучены фазовые равновесия и взаимодиффузия в трехкомпонентной фотополимеризующейся системе типа «акрилатный мономер–метакрилатный олигомер–термопластичный модификатор».

В качестве объектов исследования выбраны: акрилатный монофункциональный мономер ТБА (Acros Organics, Бельгия), метакрилатный бифункциональный олигомер триэтиленгликоль диметакрилат марки ТГМ-3 (ООО «Химтранзит», Россия) и термопластичный модификатор СЭВА-40 марки HANWHA EVA 1540 (Hanwha Solutions Corporation, Южная Корея). Методом оптической интерферометрии исследованы фазовые равновесия компонентов как в бинарной смеси ТГМ-3–СЭВА-40, так и в тройных смесях ТБА–ТГМ-3–СЭВА-40 во всем концентрационном диапазоне и при нескольких температурах. Методом рефрактометрии определены показатели преломления индивидуальных компонентов и построена их температурная зависимость в интервале 20–80°C. На основании полученных результатов рассчитаны коэффициенты взаимодиффузии и получены их концентрационные зависимости в интервале температур 20–75°C. Построена диаграмма фазового состояния исследуемой трехкомпонентной системы.

Полученные данные о фазовых равновесиях и взаимодиффузии в трехкомпонентной фотополимеризующейся смеси ТБА–ТГМ-3–СЭВА-40 имеют не только важное фундаментальное значение, но и позволяют на практике разрабатывать многокомпонентные ФПК, характеризующиеся определенной фазовой структурой после отверждения. Кроме

того, это позволит задавать необходимые физико-механические характеристики получаемого материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Список используемых источников:

1. Appuhamillage G.A., Chartrain N., Meenakshisundaram V., Feller K.D., Williams C.B., Long T.E. 110th anniversary: vat photopolymerization-based additive manufacturing: current trends and future directions in materials design // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2019. Vol. 58. No. 33. P. 15109-15118.
2. Ligon S.C., Liska R., Stampfl J., Gurr M., Mulhaupt R. Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing // *Chemical reviews*. 2017. P. 117. No. 15. P. 10212-10290.
3. 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.

Структурообразование в отверждающихся смесях эпоксидных олигомеров с термопластичным полиуретаном

Валиуллин Т.А., Пономаренко А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ РАН, МАИ, Москва

Эпоксидные отверждающиеся композиции являются наиболее широко используемым типом связующих (матриц) полимерных композиционных материалов (ПКМ) конструкционного назначения. Варьирование состава эпоксидных связующих в зависимости от поставленных задач позволяет обеспечивать необходимые технологические параметры в исходном состоянии и в процессе отверждения, а также заданные эксплуатационные характеристики в отвержденном состоянии [1]. Для придания ПКМ функциональных свойств, таких как повышенная ударная вязкость, пластичность и трещиностойкость, без снижения теплостойкости, эпоксидные связующие модифицируют жесткоцепными термопластичными полимерами [2, 3]. Такая модификация может приводить к формированию гетерогенной фазовой структуры как в исходном состоянии, так и в процессе отверждения связующего. Однако вопросы прогнозирования и управления фазовой структурой и свойствами многокомпонентных отверждающихся связующих, с учетом свойств исходных компонентов и процессов отверждения остаются недостаточно изученными [4].

Целью данного исследования является комплексное изучение фазовых равновесий, взаимодиффузии и структурообразования в тройных системах, состоящих из неотвержденных смесей двух- и трех-функциональных эпоксидных олигомеров (диглицидилового эфира бисфенола А марки KER 828 и трехфункциональной эпоксидной смолы марки Tactix 742) с различным соотношением компонентов, частично отвержденных смесей этих компонентов (аддуктов), полученных путем введения субстехиометрического количества отвердителя (диаминодифенилсульфона) и пленок термопластичного полиуретана марки МК 1185.

Методом оптической интерферометрии (прибор ОДА-2 ИФХ РАН, Россия) исследованы зоны взаимодиффузии в бинарных и псевдобинарных системах для анализа макромолекулярной подвижности и фазовых равновесий в исходных и отверждающихся системах. По кинетике движения изоконцентрационных плоскостей рассчитаны коэффициенты взаимодиффузии исследуемых объектов, построены их концентрационные зависимости и определены энергии активации диффузии. Построена диаграмма фазовых равновесий неотвержденной трехкомпонентной системы в изотермических условиях. Установлено, что система характеризуется верхней критической температурой растворения. Анализ диффузионных профилей аддуктов эпоксидных олигомеров с отвердителем и термопластичного полиуретана позволил определить составы сосуществующих фаз на гипотетической тройной фазовой диаграмме отвержденной системы. Определены

критические степени конверсии, соответствующие началу фазового распада для систем с различным соотношением компонентов.

Фазовая структура отвержденных систем исследована с использованием сканирующей электронной микроскопии (прибор Jeol JSM 6060A, Япония). Для верификации данных по фазовой структуре применен метод просвечивающей электронной микроскопии (прибор Philips EM-301, Нидерланды). На температурно-концентрационном поле выделены области, в которых отвержденные системы характеризуются фазовыми структурами типа матричной дисперсии, взаимопроникающих фаз и инвертированной матричной дисперсии.

Список используемых источников:

1. Пол Д., Ньюмен С. Н. Полимерные смеси. – М. Мир. – 1981. – 552 с.
2. Шапагин А. В. Структурообразование в системах эпоксидные олигомеры – термопласты: Дис. канд. хим. наук: 02.00.04/ А. В. Шапагин. – М., 2004. — 163 с.
3. 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.
4. PALUVAI, Nagarjuna & Mohanty, Smita & Nayak, Sanjeev. (2014). Synthesis and Modifications of Epoxy Resins and Their Composites: A Review. Polymer-Plastics Technology and Engineering. 53. 1723-1758. 10.1080/03602559.2014.919658.

Исследование электрических характеристик накопителей энергии на основе литий-железо-фосфатного аккумулятора с различным количеством электродов

Войтухов М.Р., Гринько Д.В.

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

ООО «ИНТЭР», Москва

Литий-железо-фосфатные (LiFePO₄, LFP) аккумуляторы являются одними из наиболее перспективных решений в области накопления энергии благодаря высокой безопасности, долгому сроку службы и высоким значениям цикличности батареи (от 2500 до 9000 циклов заряд-разряд) [1]. В настоящее время они широко применяются в средствах индивидуальной мобильности, системах хранения возобновляемой энергии, промышленном оборудовании и портативных устройствах. Однако для повышения их эффективности необходимо оптимизировать конструкцию ячеек, в частности, исследовать влияние изменения количества электродов на электрические характеристики. Оптимизация конструкции литий-железо-фосфатных аккумуляторов имеет ключевое значение для различных отраслей. В сфере электротранспорта это может привести к увеличению запаса хода и сокращению времени зарядки. В возобновляемой энергетике эффективные аккумуляторы необходимы для накопления энергии от солнечных и ветряных станций, снижая зависимость от нестабильного производства. В промышленности и медицинских устройствах важны стабильность работы и низкий уровень саморазряда. В портативной электронике улучшенные аккумуляторы обеспечивают более длительное время автономной работы гаджетов [2-3].

В данной работе рассматриваются LFP аккумуляторные ячейки с различным количеством анодов и катодов при одинаковых пропорциях электролита для каждого из образцов, в соответствии с его характеристиками. Особое внимание уделяется технологическим особенностям сборки таких ячеек, влиянию конструкции и конфигурации электродов на плотность тока, тепловыделение и внутреннее сопротивление. Анализируется, как изменение количества электродов может повлиять на емкость аккумулятора, его циклическую стабильность и скорость зарядки/разрядки. В качестве экспериментальной конфигурации для исследуемых LFP ячеек были приняты решение собирать ячейки из 7 электродов. В электрохимии под катодом подразумевается электродный материал с активным веществом (в данном случае литий-железо-фосфатом с дополнительными добавками и загустителями) нанесенный на алюминиевую фольгу, в то время как анодом

является материал с развитой поверхностью и структурой на основе углерода, нанесённого на медную фольгу.

В исследовании рассматривались ячейки, собранные из 4-х катодов и 3-х анодов (4к3а); а также 3-х катодов и 4-х анодов (3к4а). Результаты исследования показали наибольшую удельную энергию 120 Втч/кг у конфигурации 3к4а. Это связано с более равномерным распределением ионов лития во время зарядки-разрядки ячейки. Полученная ячейка имела массу 13,5 г. Ячейка, собранная в конфигурации 4к3а удельная энергия составила 105–110 Втч/кг при этом сама ячейка получилась легче: 12 г. Подобная динамика связана с тем, что алюминий, используемый в катодном материале, существенно легче (на 60%), чем медь, которая используется в аноде. На данном этапе ячейки проходят процесс формирования, который заключается в длительном циклировании ячеек на очень низких токах для «тренировки» ячеек.

Таким образом, исследование электрических характеристик литий-железо-фосфатных аккумуляторов с разным количеством электродов может способствовать разработке более эффективных и надежных накопителей энергии, что окажет значительное влияние на развитие технологий хранения и использования электрической энергии.

Список используемых источников:

1. Hanwei Zhou, Anuththara S. Alujjage, Maria Terese and other authors, Effect of fast charging on degradation and safety characteristics of lithium-ion batteries with LiFePO₄ cathodes // Applied Energy, Volume 377, Part A, 2025, ISSN 0306-2619.
2. Слепцов В. В. и др. Химический источник тока с тонкопленочным токосборником. – 2019.
3. Sleptsov V. V. et al. 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.

Оценка межслоевой трещиностойкости углекомпозита и элемента стрингерной панели на его основе экспериментальными и численными методами

Гиенко А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.

МАИ, Москва

Слоистые полимерные композиционные материалы (ПКМ) имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными конструкционными материалами благодаря своей легкости, высокой удельной жесткости и прочности, устойчивости к коррозии, а также возможностью управления анизотропией структуры. Однако все армированные слоистые ПКМ имеют значительный недостаток – низкую межслоевую трещиностойкость, что связано с потерей когезионной связи между слоями из-за возникновения дефектов в полимерной матрице и на границах раздела фаз (например, трещин, расщеплений, расслоений) под воздействием остаточных напряжений, внешних нагрузок и факторов окружающей среды (влаги, термоциклирование) как в процессе производства, так и в ходе эксплуатации.

Методы ЛУМР используются для аналитических расчетов и экспериментальных исследований параметров межслоевой трещиностойкости слоистых ПКМ с применением простых образцов, чаще всего в форме двойной консольной балки (ДКБ) с краевой трещиной. Метод конечных элементов (МКЭ) нашёл широкое применение в ЛУМР для численного моделирования процессов зарождения и развития трещин. Наиболее распространенными методами являются метод виртуального закрытия трещин (VCCT) и метод декогезии, известный как модель когезионной зоны (МКЗ). МКЗ является более эффективным и физически обоснованным для описания процессов, происходящих в вершине трещины (зоне предразрушения) для оценки межслоевой трещиностойкости слоистых ПКМ при имплантации его в МКЭ.

Целью работы является оценка межслоевой трещиностойкости углекомпозита и элемента стрингерной панели на основе препрега марки ACM102–C200T

экспериментальными и численными методами при индивидуальных и комбинированных нагрузках (GIC, GIIC, GI-III соответственно).

Объектами исследования являются пластины и элемент стрингерной панели из непрерывно армированного углекомполита ACM 102-C200T на основе равнопрочной ткани саржевого плетения (ACM C200T) и эпоксидной матрицы (ACM 102) с соотношением компонентов 62:38 объемных %, изготовленные методом вакуумно-автоклавного формования. Образцы типа DCB, ENF и нестандартные SLB и OLB с краевыми трещинами использовали для экспериментального определения GIC, GIIC и GI-III [1].

Разработанные нестандартные методы применяли для определения локальной межслоевой прочности и деформации при отрыве и сдвиге.

Численное моделирование и оценка межслоевой трещиностойкости углекомполита и элемента стрингерной панели на его основе при различных режимах нагружения проводились с применением метода конечных элементов и билинейного закона когезионной зоны (ЗКЗ) в программном комплексе «ANSYS», учитывая экспериментально определенные локальные межслоевые свойства в качестве параметров когезионной зоны. Метод VCCT и степенной критерий разрушения Бензег-Кеннана использовали для проведения численных расчетов и моделирования при комбинированной нагрузке [2]. Установлены зависимости между нагрузкой на края трещины и ее раскрытием и выявлено влияние плотности конечно-элементной сетки на точность прогнозирования расслоения. Численный анализ нагружения элемента стрингерной панели, с использованием МКЗ и VCCT показал правомерность использования этих подходов к оценке несущей способности элементов конструкции планера самолёта, изготовленных из слоистых ПКМ.

Список используемых источников:

1. Н. О. Яковлев, А. И. Гуляев, О. А. Лашов Трещиностойкость слоистых полимерных композиционных материалов (обзор) Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2016, №4, с. 106-114. URL: <http://www.viam-works.ru>.

2. Бабаевский П.Г., Салиенко Н.В., Шаталин А.А. Экспериментальная оценка адекватности численного моделирования межслоевой трещиностойкости слоистого стеклоэпоксикомполита при комбинированной моде нагружения I/II – «Перспективные материалы», 2024, №1. с. 77–84.

Подходы к повышению межслоевой трещиностойкости слоистых кремнийорганических стеклокомполитов

Диас А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.

МАИ, Москва

Стеклокомполиты на основе кремнийорганической матрицы и стеклянной армирующей ткани обладают рядом преимуществ: они отличаются низкой теплопроводностью, хорошими диэлектрическими и электроизоляционными свойствами, а также радиопрозрачностью. Благодаря этим характеристикам материалы широко используются в авиационной и ракетной промышленности для производства изделий, устойчивых к высоким температурам и обладающих радиопрозрачностью.

Однако у таких материалов есть недостатки: невысокие механические свойства и слабая устойчивость к межслоевым трещинам. В связи с этим при проектировании и расчёте прочности конструкций из стеклокомполитов важно принимать меры для повышения их трещиностойкости, например, путём использования трансверсальных (поперечных) методов прошивки стеклянной ниткой, пропитанной фторопластом для уменьшения сопротивления к истиранию и разрыву при прошивке. Прошивка может не только обеспечивать межслоевое армирование слоистых стеклокомполитов, но и, как альтернатива клеям, фиксировать слои и соединять отдельные элементы преформы в единую целостную структуру на стадии ее формирования.

Целью работы является изучение влияния трансверсальной прошивки слоёв стеклоткани на повышение межслоевой трещиностойкости кремнийорганического стеклокомполита

ТСПК-101 с последующим экспериментальным определением и численным расчетом показателей трещиностойкости при нагружении по моде I (GIC).

Образцы для экспериментальных исследований были подготовлены из пластин стеклокомпозита ТСПК-101 толщиной 4 мм. Эти пластины были получены методом прессования листовых заготовок кремнезёмной ткани КТ-11-ТО, которая была прошита на стадии преформы и пропитана кремнийорганическим связующим К-101 [1].

Для определения параметров трещиностойкости по моде I использовали стандартный метод разрушения по ГОСТ 56793-2015, для него применялись образцы с краевой трещиной типа (DCB). Также были определены локальная межслоевая прочность и предельная деформация при растяжении (σ_{IC} , δI_{max}), для этого использовали нестандартные методы разрушения.

В процессе исследования для анализа межслоевой трещиностойкости слоистого кремнийорганического стеклокомпозита при растяжении по моде I применялся метод конечных элементов в сочетании с билинейным законом когезионной зоны (ЗКЗ). Все расчеты проводились с использованием программного обеспечения ANSYS. Это позволило оценить распределение напряжений и деформаций, а также зарождение и рост трещин. При этом учитывались локальные межслоевые свойства как параметры когезионной зоны [2].

Численное моделирование позволило исследовать, как изменяется нагрузка на края трещины в зависимости от степени её раскрытия. При этом учитывались параметры, определённые в ходе экспериментов. Такой подход помогает более точно анализировать процессы, происходящие в материале при образовании и развитии трещин. Также было изучено, как плотность конечно-элементной сетки влияет на точность предсказания расслоения. Чем выше плотность сетки, тем более точными являются результаты моделирования

Список используемых источников:

1. Babaevsky PG, Salienko NV, Shatalin AA Evaluating the Local Strength and Crack Resistance of an Glass Fiber Epoxy Composite in the Interlayer Tension and Shear Using a Finite-Element Model and Experimentally Determined Parameters of the Cohesive Zone / Mechanics of Composite Materials, 2023, Vol. 59, Issue 4, p. 713-724, DOI 10.1007/s11029-023-10126-6.
2. Бабаевский П.Г., Салиенко Н.В., Шаталин А.А. Экспериментальная оценка адекватности численного моделирования межслоевой трещиностойкости слоистого стеклоэпоксикомпозита при комбинированной моде нагружения I/II – «Перспективные материалы», 2024, №1. с. 77–84.

Современные и перспективные способы подготовки поверхности металлов и полимерных композиционных материалов под склеивание клеями авиационного назначения

Дубровин И.М.

Научный руководитель — к.т.н. Исаев А.Ю.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Клеи и технологии их применения занимают ключевое место в современной авиации. С каждым годом как отечественные, так и зарубежные производители выпускают новые виды клеевых составов и производят десятки тонн уже зарекомендовавших себя клеев, для серийно изготавливаемой и разрабатываемой авиационной техники, что требует более глубокого изучения проблем подготовки поверхности [1]. Для обеспечения высокой прочности и стойкости необходимо тщательно готовить поверхность перед склеиванием. Обработка поверхности играет решающую роль в улучшении адгезии между клеем и материалом, что напрямую влияет на механические характеристики и эксплуатационные свойства готовых изделий. Она значительно изменяет механические параметры сопрягаемых поверхностей, благодаря удалению загрязнений, межмолекулярным взаимодействиям и механическому сцеплению клея в поверхностных неровностях, что положительно влияет на эксплуатационные характеристики конечного изделия.

Одним из наиболее распространённых методов является механическая обработка, основной задачей которой является увеличение шероховатости за счёт создания микропористой структуры. Пескоструйная обработка и шлифование способствуют формированию микротрещин и впадин, в которые адгезив может проникать, обеспечивая дополнительное сцепление [2]. Однако для материалов с высокой чувствительностью к механическим воздействиям, таких как титановые сплавы или современные углепластики, традиционные методы зачастую приводят к ухудшению эксплуатационных характеристик, что требует применения альтернативных технологий.

Химические методы подготовки, включая кислотное и щелочное травление, а также обезжиривание, направлены на удаление поверхностных загрязнений и оксидных слоев, что позволяет создать чистую и активированную поверхность для последующего нанесения клея. При этом последовательность обработки играет существенную роль: предварительное травление может значительно усилить эффект последующего анодного окисления, которое для алюминиевых сплавов становится эффективным способом формирования пористой оксидной пленки, увеличивающей площадь контакта с клеевым составом. Особое внимание уделяется выбору между хромовокислотным и сернокислотным анодированием: первое обеспечивает высокую прочность и коррозионную стойкость для критически важных конструкций, тогда как второе применяется для менее ответственных элементов из-за риска отрыва оксидной пленки при использовании высокопрочных клеев [3].

В связи с низкой поверхностной энергией полимерных композиционных материалов особенно актуальны физико-химические методы обработки. Воздействие плазмой, ультрафиолетовым излучением и лазерная модификация позволяют локально изменять морфологию и химический состав поверхности, способствуя образованию карбонильных, гидроксильных и других полярных групп, что приводит к значительному улучшению смачиваемости и адгезии клея. Применение жертвенного слоя при формировании композиционных материалов позволяет добиться оптимальной чистоты и равномерности поверхности, что способствует более стабильному и прочному сцеплению клеевого состава с субстратом [4].

Метод коронного разряда, основанный на воздействии ионизированного газа, широко применяется для подготовки поверхностей как металлических, так и полимерных материалов. За счёт образования полярных функциональных групп и увеличения содержания кислорода на поверхности, коронный разряд улучшает химическую активность субстрата, что положительно сказывается на прочности клеевых соединений. Аналогичным образом, обработка пламенем за счёт быстрого удаления загрязнений и формирования тонкого оксидного слоя способствует улучшению смачиваемости, но требует тщательной оптимизации параметров процесса, чтобы избежать нежелательного чрезмерного окисления.

Все рассмотренные способы подготовки поверхности влияют на основные механизмы склеивания, среди которых выделяют механическое сцепление, адсорбция, химическая связь, диффузионное взаимодействие и электростатическая адгезия. Повышение шероховатости и формирование на поверхности функциональных групп способствуют не только улучшению физического сцепления клея с обрабатываемым материалом, но и образованию стабильных химических связей, что играет решающую роль в обеспечении долговечности и надежности клеевых соединений. Комплексное применение различных методов обработки позволяет оптимизировать технологическую схему в зависимости от физических и химических особенностей каждого материала, а также условий его эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. В.В. Антипов, А.П. Петрова, И.А. Козлов, М.А. Фомина, И.А. Волков. Влияние технологических нагревов и способов подготовки поверхности под склеивание на механические свойства алюминиевой фольги из сплава АМг2Н // Труды ВИАМ: электрон.

науч.-технич. журн. 2018. №7. Ст. 02. URL: <http://www.viam-works.ru>. (Дата обращения: 12.02.2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-7-10-24.

3. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учеб. пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2017. 472 с.

4. Tracy J., Yin Y., Yang J. et al. Environmentally assisted crack growth in adhesively bonded composite joints // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2017. Vol. 102. P. 368–377.

Проектирование и производство сетчатого кронштейна заднего крыла гоночного автомобиля класса «Formula Student»

Елисеев В.А., Юдин И.А., Гречишкин В.Н.

Научный руководитель — д.т.н. Азаров А.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Полимерные композитные материалы нашли широкое применение в автоспорте. Снижая вес изделий без ущерба для прочности, можно значительно улучшить динамические характеристики гоночных автомобилей [2]. Целью этой работы является снижение веса кронштейна заднего крыла. Углепластики обладают уникально высокой удельной прочностью и жесткостью. Однако эффективность использования композитов значительно снижается, если нагрузка не следует за направлением волокна. Сетчатые конструкции проектируются таким образом, что материалы работают в основном вдоль армирующих волокон, позволяя уникальным свойствам композитов проявиться в структуре [4]. Поэтому было решено разработать сетчатый композитный кронштейн.

В ходе работы были проведены испытания образцов, для установления свойств углепластика, намотанного по аналогичной технологии. В рамках эскизного проектирования была проведена топологическая оптимизация с помощью программного пакета Altair HyperMesh. По результатам оптимизации была спроектирована модель кронштейна, учитывающая особенности технологического процесса. В качестве основного элемента конструкции был выбран треугольник, поскольку он имеет вогнутую форму и значительно упрощает триангуляцию изделия. Для верификации модели был проведен поверочный расчет.

Кронштейн имеет плоскую пространственную форму, поэтому было принято решение разделить кронштейн на 3 плоских сегмента, которые изготавливаются отдельно методом безоправочной намотки [1]. Технологическая оснастка для боковых сегментов прошла через 5 итераций разработки. Финальная итерация состоит из 8 «треугольников», которые соответствуют треугольникам, которые можно встроить в стойку кронштейна. Намотка центральной части происходит на якорь в соответствии с моделью. Все 3 части соединяются между собой путем обмотки стыковочных узлов [3].

После изготовления кронштейна были проведены валидационные испытания. Результаты эксперимента показали большое расхождение с ожидаемыми перемещениями, поэтому методика расчета нуждается в доработке.

В результате работы оптимизирован и спроектирован кронштейн массой 386 граммов (более чем в два раза легче предшественника 900 граммов) и разработана его технология производства. Однако методика расчета нуждается в доработке.

Список используемых источников:

1. Minsch, N. 3D truss structures with coreless 3D filament winding technology // *Journal of Composite Materials*. 2019. Vol. 53. № 15. – P. 2077-2089.

2. Savage, G. Formula 1 Composites Engineering / G. Savage – Text : direct // *Engineering Failure Analysis*. 2010. Vol. 17. № 1. – P. 92-115.

3. Savin, E. Design and manufacture of the rear wing bracket of a Formula Student racing car / E. Savin, V. Eliseev, I. Ivanov – Text : direct // *International Journal of Manufacturing Economics and Management*. 2024. Vol. 4. № 2. – P. 43-48.

4. Vasiliev, V. V. Anisogrid lattice structures – survey of development and application / V.V. Vasiliev, V.A. Barynin, A.F. Rasin – Text : direct // Composite Structures. 2001. Vol. 54. № 2-3. – P. 361-370.

Исследование процессов вибрационного смешения порошков имитатора лунного грунта и термопластичного полимера с использованием аппаратуры «Дисперсия»

Емельянов К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Ближайшие планы освоения космического пространства предусматривают создание инфраструктуры на Луне и в связи с этим перед материаловедами и технологами встанут задачи изготовления строительных элементов для жилых и технических построек. Одним из перспективных вариантов решения этих задач является предложение по использованию современных технологий изготовления лунных «кирпичей» и строителных конструкций из порошковых композиций на основе местного грунта – реголита в качестве главного компонента (наполнителя) строительного материала и небольших добавок доставляемого с Земли порошка термопластичного полимера в качестве связующего [1]. Важным этапом создания такого материала является вибрационное смешение разнородных порошковых компонентов, равномерность которого является одним из основных факторов, определяющих структуру и физико-механические свойства материала. Процессы смешения, в том числе вибрационный, на Земле реализуется при наличии силы тяжести. При этом сведения о процессах вибросмешения разноплотных порошков заданного гранулометрического состава в условиях пониженной гравитации, как наиболее эффективных для этих условий, практически отсутствуют.

Целью данной работы является адаптация находящейся на борту РС МКС научной аппаратуры (НА) «Дисперсия», разработанной для изучения формирования и разрушения жидкофазных дисперсий в условиях микрогравитации при воздействии механической вибрации, электрического и магнитного полей, применительно к изучению вибрационного смешения порошковых композиций в условиях микрогравитации и при различных внешних воздействиях с наземной проверкой возможности использования НА «Дисперсия» с имеющимися кюветами для исследования вибросмешения различных порошкообразных композиций и отработки методик оценки качества смешения.

Для наземных исследований процессов вибросмешения порошковых композиций в НА «Дисперсия» в качестве моделей использовали порошок базальта Булатовского карьера, Архангельской области как имитатор лунного грунта и порошок полиамида-6 в качестве термопластичного связующего с размерами частиц от 40 ± 10 мкм и соотношении компонентов 88:12 об.%, что соответствует 95:5 масс.%. Вибросмешивание порошков проводили в существующих кюветах в течение 2 часов при частоте 10, 15 и 20 Гц и амплитуде 1 мм, а при воздействии электрического и магнитного полей. Каждые 15 минут с помощью ветроенной фотокамеры в НА «Дисперсия» делали фотографии структуры (вид сбоку) через смотровое окно кюветы. Фотографии обрабатывали с помощью программы ImageJ. Выявлено, что относительно равномерное перемешивания при всех исследованных частотах достигается за время, больше 30 минут. Влияние полей для исследованных композиций на кинетику и качество виброперемешивания не выявлено

Для адаптации НА «Дисперсия», находящейся на РС МКС, к изучению вибросмешения порошкообразных композиций в условиях микрогравитации предлагается использование аналогичных модельных композиций и модификацию существующих кювет включением в их конструкцию пластины, движущейся с помощью винта, для фиксирования композиций до момента доставки на орбиту, их освобождения в момент воздействия вибрации в условиях микрогравитации в НА «Дисперсия» и фиксирования после виброперемешивания для доставки на Землю и дальнейших исследований.

Список используемых источников:

1. Бабаевский П.Г., Козлов Н.А., Бажура А.С., Чурило И.В. Анализ возможности использования порошков лунного грунта и аддитивных технологий для производства строительных элементов на месте (in situ). Космическая техника и технология. 2024 т. № 3 (46) с. 38-53.

Получение акриловых сополимеров и создание покрытий с высокими физико-механическими свойствами

Измалков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.х.н. Гервальд А.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

В настоящее время огромную актуальность имеет вопрос модернизации и создания отечественных производств и технологий получения высокомолекулярных соединений для ЛКМ. Особый интерес представляют гидроксилсодержащие акриловые сополимеры, которые широко применяют в лакокрасочной промышленности. На их основе производят покрытия с отличными физико-механическими свойствами [1]. Таким образом, целью данной работы является получение данных сополимеров и создание прочных плёнок.

Радикальную сополимеризацию проводили в четырёхгорлой колбе с обратным холодильником. Перед началом синтеза загружали в реакционное пространство бутилацетат и орто-ксилол и при перемешивании нагревали до 80 °С. Затем в колбу в течение получаса добавляли мономерную смесь (2-гидроксизтилакрилат (2-ГЭА), метилметакрилат (ММА), бутилакрилат (БА), стирол (Ст), бутилметакрилат (БМА)) с инициатором (азобисизобутиронитрил или пероксид бензоила) [2, 3]. Полимеризацию вели до достижения высокой конверсии.

Таким образом, были получены плёнокообразующие в смеси органических растворителей. Выделенные из раствора сополимеры имели молекулярные массы от 13000 до 30000 г/моль, а содержание гидроксильных групп составляло от 3,8 до 5,21%.

На следующей стадии продукты диспергировали с TiO_2 до размера частиц пигмента менее 30 мкм. К полуфабрикату добавляли изоцианатный отвердитель (соотношение гидроксильных и изоцианатных групп эквивалентно) и третичный амин или оловоорганическое соединение (триэтилендиамин или дибутилдилаурат олова), а затем разбавляли до рабочей вязкости и наносили распылением на металлические пластины. Сушку проводили при комнатной температуре до степени высыхания 3 (от 3,5 до 6,5 часов).

Отверждённые покрытия исследовали на физико-механические свойства. Плёнки обладали высокой эластичностью (1 мм), прочностью на удар (более 50 см), адгезией (1 балл и меньше) и твёрдостью (от 0,249 до 0,411 на маятнике типа Б).

Подводя итоги, полученный полуфабрикат на основе синтезированных гидроксилсодержащих сополимеров показал высокие эксплуатационные характеристики и, предположительно, может быть в дальнейшем использован во многих отраслях промышленности.

Список используемых источников:

1. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям // М.: Пэйнт-Медиа. 2015. 548 с.

2. Pat. US3311583A, Terpolymer acrylates-acrylic acid-hydroxyalkyl esters of acrylic acid // Bearden C.R., Jackson L.; assignor to The Dow Chem. Comp. – Tex.: Midland, Mich. № 321738/20 ; filled 11.6.63 ; patented 3.28.67. 3 p.

3. Тур Э.А. Влияние физико-химических свойств акриловых сополимеров на эксплуатационные показатели защитных покрытий, применяемых в водохозяйственном строительстве // Вестник Брестского государственного технического университета. 2017. № 2. С. 68-74.

Исследование процесса вибрационного смешения бинарной порошковой композиции на основе полиамида-6 и базальта

Калина М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Планы освоения Луны ставят перед конструкторами и технологами ряд задач, среди которых одной из важнейших является задача создания жилых и складских помещений на поверхности спутника Земли. При этом одним из наиболее экономичных предложений является создание строительных элементов из порошковых композиций, включающих местное сырьё (реголит) и минимальное количество доставляемого с Земли полимерного связующего [1]. Важнейшей проблемой такой технологии является создание порошкообразных смесей с равномерным распределения компонентов по объёму с помощью механического воздействия, в частности вибрации, в условиях пониженной гравитации.

Цель данной работы состоит в исследовании влияния режимов вибрационного смешения разнородных и разноплотных порошков в земных условиях при малом содержании более легкого компонента (термопластичного полимера) на качество получаемых смесей, характеризующее равномерность распределения смешиваемых компонентов и определяющее микроструктуру и физико-механические свойства материала после формования. В качестве имитатора реголита (плотного неорганического компонента) использовали порошок базальта (Булатовский карьер, Архангельская область) с плотностью частиц $3,09 \text{ г/см}^3$, полученный путем дробления в шаровой мельнице (РМ 4000) с последующей промывкой дистиллированной водой, сушкой в термощкафу в течение 2 ч при температуре 150°C и отделением с помощью сит целевой фракции $50 \div 100 \text{ мкм}$. В качестве низкоплотного органического компонента использовали порошок полиамида (ПА-6) марки Х028 с размером частиц $50 \div 100 \text{ мкм}$ и плотностью $1,15 \text{ г/см}^3$. Визуально-оптический анализ с помощью микроскопа Inskam 315-WIFI показал, что частицы порошков базальта и ПА-6 имеют различную нерегулярную форму. В процессе подготовки к испытаниям контролировали влажность и насыпную плотность исходных компонентов, поскольку эти параметры существенно влияют на качество перемешивания. Соотношение исходных компонентов (базальт: ПА-6) задавали равным 88:12 об.%, что соответствует 95:5 масс.%. Начальное заполнение порошками прозрачных кювет из минерального стекла размером $1,8 \times 2,4 \times 3,5 \text{ мм}$ перед перемешиванием осуществляли двумя способами: сначала базальт и ПА-6 сверху и наоборот. Вибрационное смешение порошкообразных композиций осуществляли с использованием вибростола марки JG-201 при трех амплитудах вертикальных колебаний ($A=0,5; 0,7; 1 \text{ см}$) и частотах ($f=6; 7; 8 \text{ Гц}$) в течении 15, 30, 45, 60 мин. После окончания перемешивания для фиксации структуры полученных смесей их пропитывали водой, извлекали из кювет и с помощью острого лезвия делали 6 вертикальных срезов. Фотографированием и цифровой обработкой поверхностей срезов с помощью программы ImageJ оценивали объемное соотношение компонентов в каждом срезе. После сушки срезов весовым методом определяли долю каждого среза в общем составе смеси. По полученным данным для двух типов начального заполнения кювет определяли зависимости усредненного соотношения компонентов в срезах и в кювете в целом от длительности, амплитуды и частоты вибрационного смешения в сравнении с равномерным (статистическим) распределением.

Список используемых источников:

1. Бабаевский П.Г., Козлов Н.А., Бажура А.С., Чурило И.В. Анализ возможности использования порошков лунного грунта и аддитивных технологий для производства строительных элементов на месте (in situ). Космическая техника и технология 2024 г., № 3(46) стр. 38-53.

Функционализация наночастиц магнетита различными алкоксисиланами методом золь-гель синтеза

Калиничев А.А., Дзеранов А.А., Субботина А.Д.

Научный руководитель — Дзеранов А.А.

МАИ, Москва

Стратегии для интерматричного синтеза ферромагнитных/суперпарамагнитных наночастиц металлов или их оксидов, внедренных в полимерные матрицы, позволяют создавать новые продукты с необходимыми магнитными свойствами, ориентированных на практическое использование. Применение мезопористой полимерной матрицы из диоксида кремния для магнитоуправляемых частиц получать функциональные гибридные материалы с высокоплотной магнитной записью, сенсоры, катализаторы, радиопоглощающие покрытия в стелс-технологиях [1] и др. Такие ферромагнитные проводящие наночастицы в полимерной самоконденсирующейся матрице позволяют в ряде случаев решить имеющиеся проблемы в этой области, в частности, ограниченной возможности вводить наночастицы с достаточно высокой плотностью в жидкую полимерную матрицу [2].

В настоящем исследовании в качестве мезопористых магнитных материалов использовались наночастицы магнетита функционализированные путем сополимеризации золь-гель методом производных диоксида кремния - тетраэтоксисилана и (ТЭОС) и 3-аминопропил-триэтоксисилана (АПТЭС). На первом этапе работы проводился подбор условий золь-гель синтеза полимерных органосиланов с целью получения перспективного кандидата с высоким зарядом поверхности и выходом [3]. Оптимизация условий синтеза $\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ с различным зарядом поверхности проводилась методом планирования эксперимента, где в качестве потенциально значимых факторов были определены А – температура реакции (20, 30, 40, 50 и 60 °C), В – время полимеризации (1, 3, 6, 18 и 24 ч), С – мольное соотношение (АПТЭС/ТЭОС: 0,25, 0,5, 1, 1,5, 2). Адекватность выбранной модели и анализа значимости независимых параметров проводились с использованием следующие статистических характеристик: F-критерий Фишера, p-value, погрешность неадекватности математической модели объекта и R2. Отсутствие различий между экспериментальными и модельными значениями указывает на адекватность выбранной модели. Многофакторный анализ, проведенный методом планирования эксперимента, показал, что наиболее значимым фактором, влияющим как на значение дзета-потенциала частиц, так и на выход продукта, является соотношение АПТЭС/ТЭОС. Наибольшее значение дзета-потенциала было получено при соотношении (масс.%) АПТЭС/ТЭОС 1:4, наибольший выход готового продукта – при соотношении 1:1. Выбранные условия далее были использованы при синтезе магнитоактивных нананокмозитов, где на поверхности предварительно полученных наночастиц магнетита методом соосаждения солей железа в щелочной среде (по реакции Эльмора) была проведена сополимеризация ТЭОС и АПТЭС методом золь-гель синтеза.

По данным рентгенофазового анализа стехиометрический состав магнетита при функционализации алкоксисиланами изменяется, указывая на образование дополнительной фазы магнетита, что подтверждается и данными мессбауровской спектроскопии. Область когерентного рассеяния наночастиц, рассчитанные по уравнению Шеррера для каждого образца, составляют – $11 \div 13$ нм.

Наличие полосы поглощения при 1060 см^{-1} , характерной для силоксановых групп, на ИК спектрах образца указывает на успешность протекания полимеризации алкоксисиланов на поверхности наночастиц магнетита, полоса при 630 см^{-1} , указывает на образование ковалентных связей на поверхности магнетита, наличие аминогрупп подтверждаются присутствием полос поглощения при $3407, 3304, 3287 \text{ см}^{-1}$ [4]. Исследование определяющих пористость полученных образцов текстурных характеристик показало, что поверхность наночастиц представляет собой мезопористую структуру, характерным признаком которого является наличие гистерезиса на изотерме адсорбции/десорбции азота. Модификация производными диоксида кремния привела к изменению удельной площади поверхности по сравнению с нативными со 134 до $41 \text{ м}^2/\text{г}$. Исследование магнитных параметров показывают закономерное снижение намагниченности насыщения с 54 до 36 эме/г при модификации

наночастиц. При этом эта величина, достаточна для магнитотаргетинга, т.е. управления внешним магнитным полем.

Таким образом, в настоящем исследовании были получены мезопористые магнитные нанокompозиты с использованием метода золь-гель синтеза, путём последовательного протекания реакций гидролиза и поликонденсации производных диоксида кремния, обуславливающих самоорганизацию металлополимерной мезопористой структуры, а также представлены результаты физико-химических свойств.

Список используемых источников:

1. Kolanowska A., Janas D., Herman A.P. et al From blackness to invisibility – carbon nanotubes role in the attenuation of and shielding from radio waves for stealth technology. Carbon, 2018, Vol. 126, P. 31-52.
2. Лагарьков А. Н., Погосян М. А. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий. Вестник Российской академии наук, 2003. Том 73. № 9. С. 779-787.
3. Bondarenko L., Saveliev Y., Chernyaev D., Baimuratova R., Dzhardimalieva G., Dzeranov A., Kelbysheva E., Kydralieva K. A statistical design approach to sol-gel synthesis of (amino)organosilane hybrid nanoparticles. Physical Chemistry Chemical Physics, 2023, Vol. 23, P. 15862-15872.
4. Cornell R.M., Schwertmann U. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses. Wiley-VCH, 2003, 664 p.

Упругие свойства двухслойных аутистических нанотрубок с кубической анизотропией

Козырев А.Ф.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Лисовенко Д.С.

ИПМех РАН, Москва

Современные исследования в области метаматериалов фокусируются на структурах с аномальными деформационными характеристиками, среди которых особый интерес представляют ауксетики, демонстрирующие обратную реакцию при механическом воздействии. Двухкомпонентные трубчатые структуры нано и микрометрового масштаба с анизотропией упругих параметров открывают новые возможности для конструирования материалов с программируемыми свойствами. В представленном исследовании разработана теоретическая модель для прогнозирования эластических характеристик композитных цилиндрических систем с кубической симметрией.

Основу методологии составляет подход, рассматривающий многослойную наноструктуру как двухслойную нанотрубку с кубической анизотропией и дифференцированными параметрами слоев. Аналитическим методом выведены замкнутые формулы для расчета эквивалентного модуля упругости (E) и двух компонент коэффициента Пуассона (ν_{rz} и $\nu_{\varphi z}$) с учетом геометрических соотношений слоев (радиального масштабирования внешней и внутренней оболочек) [1].

Комплексный вычислительный эксперимент продемонстрировал существенную зависимость механических характеристик от топологии слоев. Анализ параметров выявил критические зоны, где радиальная (ν_{rz}) и тангенциальная ($\nu_{\varphi z}$) компоненты коэффициента Пуассона приобретают отрицательные значения. Установлена обратно пропорциональная связь между проявлением ауксетического эффекта и величиной эффективной жесткости композитной системы.

Разработанный алгоритм расчета позволяет прогнозировать поведение многослойных цилиндрических структур при различных сочетаниях геометрических и материаловедческих параметров. Практическая значимость работы заключается в создании методологической базы для проектирования функциональных материалов с контролируемыми деформационными характеристиками для применения в различных областях.

Список используемых источников:

1. Лисовенко Д. С. Ауксетическая механика изотропных материалов, кристаллов и анизотропных композитов: дис. д-р. ф.-м. наук: 01.02.04. – Москва, 2019. – 392 с.

Моделирование и получение свойств тканых композиционных материалов с учетом изгиба нитей на уровне микрообъема

Колениченко Г.

Научный руководитель — Турбин Н.В.

МАИ, Москва

В данной работе представлено исследование, посвященное конечно-элементному моделированию и определению механических свойств тканых композиционных материалов (ТКМ) с учетом изгиба нитей на уровне микрообъема. Актуальность работы обусловлена растущим спросом на высокопрочные и легкие материалы в различных отраслях промышленности, где ТКМ демонстрируют значительный потенциал. Однако, сложность микроструктуры ТКМ и, в частности, влияние изгиба нитей на их макроскопические свойства, в недостаточной мере учитываются в существующих моделях. Это приводит к неточностям в прогнозировании характеристик и затрудняет оптимизацию технологических процессов.

Целью исследования является разработка и верификация численной модели, способной адекватно описывать механическое поведение ТКМ с учетом геометрической нелинейности, связанной с изгибом нитей. В рамках работы предложена новая методика моделирования представительного микрообъема (RVE) ТКМ, основанная на методе конечных элементов. Модель учитывает детальную геометрию ткани, включая кривизну нитей, а также механические свойства как армирующего материала (углеродное волокно), так и матрицы (эпоксидная смола).

Выявлена существенная зависимость механических свойств ТКМ от степени изгиба нитей, которая определяется параметрами плетения и технологическими условиями производства. Анализ результатов моделирования позволил установить корреляционные зависимости между геометрическими параметрами RVE (кривизна нитей, плотность упаковки), микромеханическими свойствами компонентов (модуль упругости волокна и матрицы) и макроскопическими свойствами ТКМ (модуль Юнга).

В ходе исследования были выявлены критические параметры, определяющие влияние изгиба нитей на механические характеристики ТКМ. Это позволит разработать рекомендации по оптимизации технологического процесса производства для достижения заданных механических свойств. Предложенный подход к моделированию позволяет не только предсказывать свойства ТКМ с высокой точностью, но и направленно изменять их путем изменения параметров плетения и технологических параметров, что способствует разработке новых материалов с улучшенными характеристиками.

Разработанная методика моделирования и полученные результаты могут быть использованы для:

- Оптимизации технологических процессов производства ТКМ, направленной на улучшение механических свойств и снижение себестоимости.
- Разработки новых конструкций ТКМ с заданными характеристиками.
- Сокращения времени и затрат на экспериментальные исследования, заменяя часть физических экспериментов виртуальными испытаниями.
- Разработки программного обеспечения для автоматизированного проектирования ТКМ.

Предложенная методика моделирования представительного микрообъема с учетом изгиба нитей является эффективным инструментом для прогнозирования и оптимизации свойств тканых композиционных материалов. Полученные результаты демонстрируют высокую точность моделирования и открывают новые возможности для эффективной разработки композиционных материалов. Дальнейшие исследования будут направлены на расширение модели для учета влияния других факторов, таких как дефекты структуры и пористость, а также на применение модели для более сложных типов тканей и нагружения.

Список используемых источников:

1. Ever J. Barbero. Introduction to composite materials design // Taylor & Francis, CRC Press, ISBN 9781138196803, 2017.

2. Anurag Dixit, Harlal Singh Mali. Modeling techniques for predicting the mechanical properties of woven-fabric textile composites: A Review // *Mechanics of Composite Materials*, March 2013, DOI: 10.1007/s11029-013-9316-8.

3. Д.А. Кожанов. Особенности конечно-элементного моделирования вида структурного элемента гибких тканых композитов // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки* № 1(237) 2016.

4. Ю.М. Плескачевский, А.О. Шимановский. Компьютерное моделирование структуры и свойств композитов в нагруженных конструкциях // *Механика машин, механизмов и материалов*, 2016, № 1 (34).

Моделирование и изготовление стеклопластика с градиентной структурой

Кориненко К.В.

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

КНИТУ-КАИ, Казань

Полимерные композиционные материалы используются сегодня при производстве изделий для авиации, космической техники [1]. В производстве корпусов различных устройств, в которых электронные компоненты и системы управления могут быть интегрированы в градиентные материалы они могут быть полезны. Применение градиентных материалов позволяет обеспечить необходимую защиту и прочность изделия за счёт распределения материала с большей поверхностной плотностью во внутренних слоях композита, а распределение слоёв с меньшей поверхностной плотностью поверх более плотных, позволяет получить материал, аналогичный по прочности с повышенной жёсткостью. Градиентные стеклопластики могут применяться в конструкции крыла самолета, где необходимо осуществлять оптимизацию прочностных характеристик на стыках и в местах крепления. Актуальным направлением в данной области является повышение прочности и ударостойкости стеклопластиков, армированных непрерывным стекловолокном.

Одним из способов регулирования прочности и ударостойкости композиционных материалов, в том числе волокнисто-армированных является создание градиента состава и свойств. В волокнисто-армированных композитах градиент состава может создаваться путем изменения состава матрицы, ориентации наполнителя или степени наполнения. армирования волокнами разной природы (стекловолокно, углеволокно, органоволокно) [2].

Целью данной работы являлось моделирование и изготовление стеклопластиков с градиентной структурой за счет армирования тканями с разной поверхностной плотностью. В качестве связующего для получения композиционных материалов использовали промышленное эпоксидное связующее T20-60 (ИТЕКМА, Россия). В качестве армирующего материала использовали четыре стеклоткани полотняного переплетения, имеющие разную поверхностную плотность и толщину. Выкладка слоев армирующего материала проводилась для всех образцов по квазизотропной схеме. Пластины стеклопластиков с тканями разной толщины были изготовлены методом вакуумной инфузии. Из полученных пластин вырезались образцы для механических испытаний. Плотность стеклопластиков определяли методом гидростатического взвешивания. Объемная доля стекловолокна и пористость оценивались по ASTM D 3171-15 путем выжигания матрицы. Испытания на изгиб образцов стеклопластиков проводили с помощью универсальной испытательной машины Instron. Прочность на изгиб и модули изгиба композитов были получены из кривых нагрузки-перемещения. Для оценки ударостойкости образцы стеклопластиков подвергались удару с тремя разными энергиями.

Проведено сравнение механических характеристики стеклопластиков и сделан вывод о влиянии поверхностной плотности армирующего наполнителя на прочность, жесткость и ударостойкость композиционных материалов, армированных стеклотканью. На основе полученных данных в программе ANSYS смоделирована градиентная структура стеклопластика, армированного тканями с разной поверхностной плотностью [4]. На основе экспериментальных данных с испытательной машины Instron и макромеханических моделей созданных с применением МКЭ, были сделаны выводы, как состав и структура влияют на

общие характеристики материала. Для образцов с градиентной структурой были проведены аналогичные испытания и определены характеристики прочности при изгибе и ударостойкость. Экспериментальные данные показали, что создание градиентной структуры позволяет повысить ударостойкость и прочность при изгибе стеклопластиков с сохранением жесткости и степени объемного наполнения.

Список используемых источников:

1. Hashin Z. Analysis of composite materials—a survey. – 1983.
2. Eshelby, J. D., "The Determination of the Field of an Ellipsoidal Inclusion and Related Problems," Proceedings of the Royal Society, London, Vol. M, No. 241, 1957, pp. 376-396.
3. Dewey, J. M., "The Elastic Constants of Materials Loaded With Non-rigid Fillers," Journal of Applied Physics, Vol. 18, 1947, pp. 578-581.
4. Batchelor, G. K., and Green, J. T., "The Determination of the Bulk Stress in a Suspension of Spherical Particles to Order c^2 ," Journal of Fluid Mechanics, Vol. 56, 1972, pp. 401-427.

Влияние параметров контактирующего слоя электроадгезионной панели и подложки на силы сцепления между ними

Кравцов А.Д., Дегтярев С.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Электроадгезия — это сложное сочетание эффектов электростатического притяжения и межмолекулярного взаимодействия контактирующих твердых поверхностей электроадгезионной панели (ЭАП), на которую подается электрическое напряжение, и подложки. Эффект электроадгезии с использованием ЭАП весьма перспективен для применения в различных робототехнических устройствах, в частности, в механизмах захватов космических аппаратов для сбора космического мусора [1].

ЭАП представляет собой плоский конденсатор, состоящий из двух взаимопроникающих гребенчатых электродов, помещенных между двумя изолирующими слоями (контактирующим с подложкой и несущим) и индуцирующих электрическое поле при подаче на них напряжения. Сила сцепления между поверхностями подложки и ЭАП при заданной геометрии электродов (ширине гребенок электродов ЭАП и расстоянии между ними) и заданном напряжении в решающей степени определяется толщиной, деформативностью (эластичностью) и поляризуемостью (диэлектрической проницаемостью) контактирующего слоя ЭАП и подложки.

Целью данной работы является изучение влияния этих характеристик на силу сцепления ЭАП и подложки при различных геометрических параметрах электродов ЭАП и варьируемой величине подаваемого напряжения. В работе использовались электроадгезионные панели, состоящие из медных плоских взаимопроникающих электродов гребенчатого типа с варьируемой от 1,5 до 3 мм шириной электродов и зазоров между ними, помещенных между жестким несущим диэлектрическим слоем (стеклотекстолит FR4-1) толщиной 1,5 мм и эластичным контактирующим слоем силиконового каучука марки Best Mold PL 5 компании SP-Polymer толщиной от 20 мкм до 500 мкм. Для варьирования диэлектрических характеристик и деформативности контактирующего слоя ЭАП его модифицировали, вводя кварцевую муку марки SilverBond R300 EW с размером частиц 20÷50 мкм в количестве от 0,5 до 30 масс.% и эпиксисилана SILAST LT-560 в количестве от 1 до 5 масс., что позволило изменять диэлектрическую проницаемость слоя от 2,4 до 2,95, плотность от 1,05 до 1,54 г/см³ и модуль высокоэластичности от 30 до 500 МПа. В качестве контактирующих с ЭАП подложек использовали пластины размером 80х50 мм из полимерных диэлектриков: полипропилена 8440 Т толщиной 50 мкм, АБС-пластика 1035, поликарбоната PC-008 и стеклотекстолита FR4-1 толщиной 1,5 мм. Значения относительной диэлектрической проницаемости этих диэлектриков равны 2,2, 2,8, 3,2 и 4,4, а модули Юнга — 1,0, 2,3, 2,3 и 20,0 ГПа соответственно. К электродам ЭАП от источника постоянного тока CX-150А прикладывали электрическое напряжение величиной от 1 до 4 кВ. Измерение усилия отрыва ЭАП от подложки осуществляли с помощью испытательной установки,

содержащей нагружающее устройство и цифровой динамометр AMF-5 с максимальной нагрузкой 5Н и разрешением 0,001 Н.

Установлено, что сила электроадгезионного взаимодействия возрастает более чем в 5 раз при уменьшении зазора между гребенками электродов ЭАП (при их постоянной ширине, равной 2 мм) в 2 раза, и в 8 раз - при увеличении их ширины (при постоянной величине зазора, равной 2 мм) в 2 раза. Сила электроадгезии возрастает в 11 раз при увеличении подаваемого на электроды напряжения в 4 раза. При увеличении толщины контактирующего слоя ЭАП от 20 мкм до 500 мкм сила сцепления между ЭАП и контактирующим телом уменьшается в 14 раз. При введении в силиконовый каучук кварцевой муки сила сцепления возрастает, достигая прироста в 48% при содержании 30 масс.% муки. При увеличении относительной диэлектрической проницаемости подложки с 2,8 до 4,4 сила сцепления возрастает на 70%.

Список используемых источников:

1. P. Rajagopalan, M. Muthu, Y. Liu, J. Luo, X. Wang, C. Wan. Advancement of 54 Electroadhesion Technology for Intelligent and Self-Reliant Robotic Applications. Adv. Intell. Syst. 2022, 4, 2200064 (P.1-28).

Применение плазменного напыления для создания молниезащиты композитных лопастей воздушных винтов

Крылов Н.И., Полухин А.А.

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

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Современные технологии в области авиации требуют постоянного совершенствования материалов и методов их обработки для обеспечения безопасности и надежности воздушных судов. Композитные материалы, обладающие высокой прочностью и легкостью, становятся все более популярными в производстве лопастей воздушных винтов. В связи с развитием ракетно-космической и авиационной промышленности, потребовались покрытия, способные выдерживать повышенные тепловые и механические нагрузки. Это привело к быстрому развитию плазменного напыления [1]. Плазменное напыление представляет собой инновационную технологию, позволяющую наносить тонкие слои проводящих материалов на поверхность композитов. Взаимосвязь между процессами, протекающими на каждом этапе напыления, определяет в конечном счете и эксплуатационные характеристики покрытий [2].

Композитные материалы, используемые в производстве лопастей воздушных винтов, обладают множеством преимуществ, таких как высокая прочность, легкость и устойчивость к коррозии. Однако их недостаточная электропроводность делает их уязвимыми к электрическим разрядам. Применение плазменного напыления для защиты композитных лопастей воздушных винтов и других авиационных компонентов является актуальным и востребованным решением. Благодаря данной технологии возможно тонкое нанесение слоев покрытия, минимальное тепловое воздействие, возможность нанесения на сложные формы.

Объектом исследования в данной работе является процесс плазменного напыления, применяемый для создания молниезащиты композитных лопастей воздушных винтов.

В рамках исследования было рассмотрено влияние плазменного напыления на электрические и механические свойства композитных материалов, используемых в авиационной промышленности. Особое внимание было уделено характеристикам проводящих слоев, наносимых на поверхность лопастей, а также их способности эффективно рассеивать электрические разряды, возникающие при воздействии молний.

Кроме того, в ходе работы будет проведен анализ существующих технологий молниезащиты, а также экспериментальные исследования, направленные на оценку эффективности и надежности плазменного напыления как метода защиты от молний.

Предметом исследования является молниезащита лопасти из композитного материала воздушного винта, созданная с применением плазменного напыления.

В результате проделанной работы, была проанализирована эффективность технологии плазменного напыления для создания молниезащиты композитных лопастей воздушных винтов, а также определены оптимальные параметры процесса плазменного напыления, которые обеспечат улучшение электрических и механических свойств композитных материалов. Также в рамках работы было рассмотрено взаимодействие различных типов проводящих покрытий с композитными материалами, а также оценка их эффективности в контексте защиты от молний. В ходе исследования было проанализировано, как плазменное напыление может изменить электрические характеристики композитных лопастей, а также оценены его преимущества и недостатки по сравнению с традиционными методами защиты.

Список используемых источников:

1. Коробов Ю. С., Панов В. И., Разиков Н. М. Анализ свойств газотермических покрытий : [учеб. пособие] : в 2 ч. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. Ч. 1 : Основные методы и материалы газотермического напыления – 80 с.

2. Боровушкин И. В. ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ: методическое руководство к лабораторным и практическим занятиям по дисциплине «Технология конструкционных материалов и материаловедение» для студентов специальностей 170400, 150200, 230100, 311300, 311400 всех форм обучения. – 157 изд. – Сыктывкар: СЛИ, 2010. – 32 с.

Разработка трехкомпонентного многослойного просветляющего покрытия на основе YF₃, ZnS и Ge

Ладонкин Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бабаевский П.Г.

МАИ, Москва

Передача светового излучения в современных ИК оптических приборах ограничена эффектом отражения на границе раздела сред. Для решения данной задачи применяются многослойные просветляющие покрытия, которые позволяют расширить спектральный диапазон прозрачности оптических элементов [1]. Однако разработка таких покрытий сопряжена с рядом технологических сложностей, связанных с подбором материалов и оптимизацией параметров нанесения.

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания просветляющих покрытий с высокой прозрачностью в диапазоне 8–14 мкм для применения в микроэлектромеханических системах (МЭМС), тепловизионных и лазерных системах. Существующие покрытия имеют ограничения по устойчивости к механическим и температурным воздействиям [2], что делает актуальным поиск новых материалов и методов их нанесения.

Цель работы – разработка многослойного просветляющего покрытия на основе YF₃, ZnS и Ge, оптимизированного для работы в диапазоне 8–14 мкм, с учетом параметров их оптических констант и технологии нанесения.

В ходе работы проведено моделирование и оптимизация структуры покрытия с использованием численных методов расчета. Проанализированы технологические параметры получения и спектральные характеристики объекта. Применена методика контроля толщины и оптических параметров покрытия с применением инфракрасной эллисометрии и микроскопии.

Выводы: в результате работы разработана методология проектирования многослойных просветляющих покрытий, предложены оптимальные режимы нанесения пленок, обеспечивающие низкое остаточное отражение и высокую прозрачность. Полученные данные позволяют значительно улучшить характеристики инфракрасной оптики, что открывает перспективы применения в высокоточных оптических приборах и авиационно-космической технике.

Список используемых источников:

1. Гайнутдинов И.С., Несмелов Е.А., Хайбуллин И.Б. Интерференционные покрытия для оптического приборостроения. Казань: изд. «Фэн», 2002. 592 с.

2. Котликов Е.Н., Кузнецов Ю.А., Лавровская Н.П., Таллерчик Б.А., Тропин А.Н. Оптические пленкообразующие материалы для инфракрасной области спектра // Научное приборостроение. 2008. Т. 18, №3. С. 32-37.

Влияние альгината натрия и гиалуроновой кислоты на свойства наночастиц серебра, синтезированных лазерной абляцией

Лунёв И.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Попов А.А.

НИЯУ МИФИ, Москва

Плазмонные наночастицы— наиболее изучаемые материалы в области биомедицинских технологий, обладающие характерным пиком поглощения, связанным с возникновением осцилляций электронов на межфазной границе наночастиц и растворителя – поверхностный плазмонный резонанс (ППР). Свойства ППР зависят от многих факторов, в том числе от размера наноматериала, а также диэлектрических характеристик дисперсионной и дисперсной сред, что позволяет добиться максимального контроля свойств, повышая эффективность терапии и диагностики [1–3]. Так, к классу плазмонных материалов можно отнести наночастицы серебра, обладающие выраженным максимумом поглощения в видимом или ближнем ультрафиолетовом областях спектра [2,4].

При использовании химических подходов к синтезу наночастиц зачастую требуется использование стабилизаторов, ограничивающих рост материала в пределах нанодиапазона, но являющихся крайне цитотоксичными и лимитирующими дальнейшую функционализацию наночастиц. Однако, применяя метод фемтосекундной импульсной лазерной абляции в жидкости, можно получить чистые коллоидные растворы наночастиц. При облучении металлической мишени ультракороткими электромагнитными импульсами, в ее поверхностном слое возникает пиндеевская сила, поляризующая материал и вызывающая кулоновский взрыв, сопровождающийся высвобождением плазмы и ее коалесценцией в сферические наночастицы. При этом получаемая дисперсная фаза обладает поверхностным зарядом – дзета потенциалом, определяющим, наряду с другими факторами, как, например, ионная сила раствора, коллоидную стабильность наночастиц (теория ДЛФО).

Целью данной работы является определение влияния растворителя на свойства наночастиц серебра, получаемые методом фемтосекундной лазерной абляции.

В качестве растворителей были выбраны растворы биополимеров (гиалуроновая кислота и альгинат натрия) и деионизованная вода. Растворы полимеров получали растворением 5 г порошка в 995 мл деионизованной воды. Далее, помещенную в жидкость мишень серебра облучали фемтосекундными лазерными импульсами (Avesta TETA-20 (Республика Беларусь): 1030 нм, 100 кГц, 270 фс, 60 мкДж). Наночастица выделяли из полимерной фазы центрифугированием: 3 повторения при 20500 rpm в течение 40 минут с заменой супернатанта деионизованной водой. Полученные коллоидные растворы охарактеризовали с помощью спектрофотометра (SOL instruments M122 UV-VIS-NIR (Республика Беларусь), спектральный диапазон от 330 до 1100 нм), установки для измерения дзета потенциала (Malvern Panalytical Zetasizer Nano ZS (Швейцария)) и сканирующего электронного микроскопа (TESCAN MAIA3 Triglav (Чехия)).

Анализ спектральных характеристик показал наличие поверхностного плазмонного резонанса с максимумом на длине волны 420 нм и дополнительным пиком при 560 нм в случае наночастиц, синтезированных в растворах биополимеров. Дзета потенциал предельно разбавленных растворов альгината натрия и гиалуроновой кислоты составил –67,0 и –64,5 мВ соответственно. Наблюдались изменения дзета потенциала наночастиц в зависимости от среды, в которой их синтезировали: –12,7 мВ в воде, –13,1 мВ в растворе альгината натрия, –20 мВ в растворе гиалуроновой кислоты. Анализ СЭМ-изображений показал зависимость размеров частиц от растворителя: 95 нм в воде, 23 нм в растворе альгината натрия, 58 нм в растворе гиалуроновой кислоты.

Список используемых источников:

1. Li W., Chen X. Gold nanoparticles for photoacoustic imaging // Nanomedicine. Future Medicine Ltd., 2015. Vol. 10, № 2. P. 299–320.
2. Popov A.A. et al. Laser- synthesized TiN nanoparticles as promising plasmonic alternative for biomedical applications // Sci Rep. Nature Publishing Group, 2019. Vol. 9, № 1.
3. Margineanu A. Biological applications of nanoparticles in optical microscopy // Polymeric Nanomaterials in Nanotherapeutics. Elsevier Inc., 2018. Vol. 14. 469–495 p.
4. He W. et al. Plasmonic titanium nitride nanoparticles for in vivo photoacoustic tomography imaging and photothermal cancer therapy // Biomaterials. Elsevier Ltd, 2017. Vol. 132. P. 37–47.

Исследование упругих характеристик конусообразного дискретного заполнителя

Мартынов М.Ю.

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

МАИ, Москва

Современные тенденции в авиационной и ракетной технике требуют глубокой проработки вопросов, связанных с оптимизацией прочностных и весовых параметров конструкций. Особенно актуальным становится поиск решений, позволяющих добиться высокой жесткости и минимального веса при сохранении прочностных характеристик. Одним из перспективных направлений является применение слоистых панелей и оболочек с лёгкими заполнителями, которые обеспечивают высокую эффективность конструкции при различных видах нагрузок.

Использование в качестве заполнителя конусообразной дискретной структуры позволяет создавать конструкций сложной формы, повышая технологичность конструкции без снижения жесткостных параметров

Ранее проведенные исследования, посвященные исследованию поведения трехслойных панелей при сжатии, позволили подтвердить корректность формул по определению приведенных упругих характеристик при сжатии. Однако в отличие от пластин малой толщины, трехслойные пластины (как и пластины средней толщины или плиты) необходимо рассматривать, беря во внимание сдвиговую жесткость в поперечном направлении.

В работе представлены результаты по исследованию поперечного модуля сдвига трёхслойной пластины (по толщине), содержащей конусообразный трехслойный заполнитель. Проводится сравнение экспериментальных данных, результатов численного расчета и аналитического подхода к определению указанных упругих параметров.

Для устранения недостатков, связанных с наличием клея между несущими слоями и заполнителем, применены аддитивные технологии 3D-печати. Это позволило устранить влияние погрешностей изготовления на результаты исследования, а также предотвратить разрушение клеевого соединения, которое наблюдалось в случае алюминиевых образцов.

Сравнение экспериментальных данных и результатов метода конечных элементов показало, что расхождение для панелей из PLA составляет не более 5%, что не превышает допустимую погрешность. Это свидетельствует о высокой точности моделирования и подтверждает возможность применения разработанного подхода для прогнозирования механического поведения подобных конструкций.

Список используемых источников:

1. Александров А.Я., Бородин М.Я., Павлов В.В. Конструкции с заполнителями из пенопластов. М.: Оборонгиз, 1962 – 187 с. Волков А. Н. Моделирование и расчет сложных трехслойных конструкций с дискретным заполнителем дис. ... канд. техн. наук: 2.5.14 / Волков Антон Николаевич. — Москва., 2023. — 132 с.
2. Панин В. Ф. Конструкции с сотовым заполнителем. –М : Машиностроение. 1982. – 154 с.
3. Волков А. Н. Моделирование и расчет сложных трехслойных конструкций с дискретным заполнителем дис. ... канд. техн. наук: 2.5.14 / Волков Антон Николаевич. — Москва., 2023. — 132 с.

4. Халиулин В. И. О методе синтеза структуры складчатых заполнителей многослойных панелей //Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2005. – №. 1. – С. 7-12.

Получение покрытий на УККМ из порошковых композиций в системе MoSi₂-HfSi₂-SiB₄

Матуляк А.И.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время перспективными материалами для теплонагруженных элементов ракетно-космической техники являются углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) и углерод-керамические композиционные материалы (УККМ). Данные композиты обладают высокими удельными характеристиками механических свойств, трещиностойкостью и ударной вязкостью, что обеспечивает им значительные преимущества по сравнению с другими материалами. Недостатком, ограничивающим их работоспособность, является склонность к окислению углеродной части во время эксплуатации в кислородосодержащих средах, начиная с температур ~ 400–450 °С. Одним из наиболее перспективных методов защиты УУКМ и УККМ является нанесение жаростойких покрытий [1].

Данная работа является продолжением серий экспериментальных исследований, направленных на изучение возможности получения на углерод-керамических композитах тонкослойных покрытий на основе системы MoSi₂-HfB₂ из порошковых композиций Mo-HfSi₂-SiB₄ [2], MoSi₂-HfB₂-Si [3], MoSi₂-HfSi₂-SiB₄ [3] и MoSi₂-HfB₂-HfSi₂-SiB₄ [3].

На основании анализа полученных результатов предыдущих работ установлено, что перспективной для формирования покрытий с использованием комбинированной технологии шликерно-обжигового наплавления и реакционного синтеза *in situ* является порошковая композиция MoSi₂-HfSi₂-SiB₄. Синтез в данной системе во время термической обработки обеспечивается за счет образования промежуточного (исчезающего) расплава (Si-Hf)(l) при инконгруэнтном плавлении фазы HfSi₂ при 1543±8 °С. Также повышение объемной доли жидкой фазы за счет эвтектического превращения в системе Si-B при температуре ~1384 °С обеспечивает фазу SiB₄. В результате оценки сплошности синтезированных слоев в системе MoSi₂-HfSi₂-SiB₄ показано, что расчётная пористость составила <54% от их объема. Одной из основных причин такой низкой сплошности является недостаточное количество промежуточной жидкой фазы. Таким образом, текущее исследование направлено на изучение влияния соотношения фаз в системе MoSi₂-HfSi₂-SiB₄ на сплошность получаемой структуры покрытий.

На данный момент на образцах из C/C-SiC композита проведен синтез покрытий из порошковых композиций с разным соотношением фаз в системе MoSi₂-HfSi₂-SiB₄ при температуре 1610 °С и остаточном давлении аргона ~ 100 Па. Основным параметром при расчете исходных порошковых составов было увеличение доли фазы HfSi₂ для получения большего количества расплава (Si-Hf) (l), который позволит синтезировать желаемую фазу HfB₂ в необходимом количестве, а также снизить пористость за счет реализации жидкофазного спекания. В настоящее время проводятся структурно-фазовые исследования и оценка пористости синтезированных слоев с привлечением методов рентгеноструктурного анализа, растровой электронной микроскопии и локальной рентгеноспектальной спектроскопии. По предварительным данным качественный фазовый состав полученных покрытий включает MoSi₂, HfB₂, HfC и SiC.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 25-19-00818.

Список используемых источников:

1. Astapov A.N., Terent'eva V.S. Review of domestic designs in the field of protecting carbonaceous materials against gas corrosion and erosion in high-speed plasma fluxes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2016. – Vol. 57, № 2. – P. 157–173. <https://doi.org/10.3103/S1067821216020048>.

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–HfSi₂–SiB₄ методом реакционного синтеза in situ // Электromеталлургия. – 2024. – No. 2. – С. 2–12. <https://doi.org/10.31044/1684-5781-2024-0-2-2-12>.

3. Матуляк А.И. Получение покрытий на УККМ из порошковых композиций MoSi₂–HfB₂–Si, MoSi₂–HfSi₂–SiB₄ и MoSi₂–HfB₂–HfSi₂–SiB₄ // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции Л Гагаринские чтения 2024. – М.: Издательство «Перо», 2024. – 7,43 Мб. [Электронное издание]. – С. 596–597.

Моделирование поврежденности механических свойств материалов в обобщенной градиентной теории упругости на примере одной вариационной модели накопления повреждений в механике материала

Ми Лэн

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лурье С.А.
МАИ, Москва

Повреждение материала с последующей деградацией механических свойств материала под нагрузкой в общем случае следует рассматривать на разных масштабах, от атомных масштабов и до материальных макромасштабов, с анализом структурных особенностей, включая молекулярные, кристаллические структуры, границы зерен и межзерновые слои, зернистые структуры и т.д. [1]. Из-за сложности точного описания структуры материалов и их поведения на макроскопическом уровне моделирование на атомарном уровне часто сталкивается с серьезными инженерными трудностями. Поэтому многомасштабные методы моделирования в рамках механики сплошных сред становятся важным подходом для изучения механического поведения материалов. Методы, основанные на механике сплошных сред, в частности обобщенная градиентная теория упругости, предоставляют более реалистичную основу для моделирования повреждений материалов. Цель данной работы – разработать вариационную модель накопления повреждений на основе обобщенной градиентной теории упругости, сосредоточившись на связи между степенью повреждения и изменением механических свойств исходного идеального материала в процессе деформации, с конкретным анализом на примере одномерного стержня.

Для построения вариационной модели накопления повреждений в одномерном стержне вводится скалярный параметр Ω , характеризующий степень повреждения, и предполагается, что неповрежденный материал является изотропным. На основе линейного физического процесса определяется плотность потенциальной энергии в объеме среды V , где плотность потенциальной энергии включает параметр повреждения Ω для описания состояния повреждения материала. С помощью вариационного принципа Лагранжа выводятся управляющие уравнения и граничные условия для поврежденной среды. Поскольку повреждение зависит от уровня напряжений, задача определения напряженно-деформированного состояния является нелинейной, поэтому для ее решения используется итерационный метод упругого решения.

Этот итерационный метод позволяет решать нелинейные задачи путем многократного решения линейных уравнений, причем точность решения зависит от количества выполненных итераций. Сначала все нелинейные члены в уравнении переносятся в правую часть, что упрощает форму уравнения для последующих итерационных вычислений [2]. На первом шаге ($k=1$) эффект повреждения игнорируется, и решается стандартная задача упругости, чтобы получить первое перемещение u_1 . Используя начальное перемещение u_1 , обновляется параметр повреждения Ω в правой части уравнения, отражая текущее состояние повреждения материала. На основе обновленного параметра повреждения решается уравнение для получения нового перемещения u_2 , и процесс повторяется для обновления параметра повреждения. После каждой итерации проверяется сходимость перемещений и параметра повреждения, и, если заданные условия точности выполнены, итерационный процесс завершается. С помощью этого метода можно определить параметр повреждения на каждой итерации и установить деформированное состояние материала.

Мы исследовали связь между параметром повреждения Ω и параметром n . Параметр n связывает макроскопический параметр повреждения Ω с характеристиками микродефектов (например, с такими как пористость). Путем анализа была установлена зависимость Ω от n , которая связывает макроскопическое повреждение с микропараметрами. Например, для модели среды с полем дефектов пористости поле перемещений выражается через пористость, а плотность потенциальной энергии U , следовательно зависит от квадратичной формы пористости и ее производных. С увеличением итерационным n точность определения перемещений значительно повышается, что позволяет обеспечить наилучшее соответствие теоретической модели экспериментальным данным и оптимизировать модель для более точного отражения поведения материала при повреждении. Параметр Ω сходится к определенному значению, что указывает на стабилизацию состояния повреждения материала при увеличении нагрузки или развитии повреждения, то есть при определенных условиях нагрузка не приводит к бесконечному увеличению повреждения, а достигается равновесное состояние.

В нашем исследовании на основе обобщенной градиентной теории упругости и на примере одномерного стержня предложена вариационная модель накопления повреждений материалов. Путем введения параметра повреждения Ω и использования итерационного метода решения успешно решена проблема нелинейной связи между повреждением и напряженно-деформированным состоянием. Результаты исследования показывают, что параметр n оказывает значительное влияние на эволюцию повреждения и точность определения перемещений. Выбор параметра n не только влияет на математическую форму модели, но и определяет степень ее соответствия экспериментальным данным.

Список используемых источников:

1. Luca Placidi · Anil Misra · Emilio Barchiesi Simulation results for damage with evolving microstructure and growing strain gradient moduli. Continuum Mech. Thermodyn.<https://doi.org/10.1007/s00161-018-0693-z>.
2. Лурье С.А., Белов П.А., Ожерелков Д.А. Моделирование поврежденности механических свойств материалов в обобщенной градиентной теории упругости//УПРУГОСТЬ И НЕУПРУГОСТЬ, Издательство Московского университета Москва 2021., 270-276.

Программная реализация вычисления упругих характеристик многослойных композитных материалов для анализа НДС протеза стопы из углепластика Мошенский А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.
МАИ, Москва

Композитные материалы являются важным элементом современных инженерных разработок благодаря их повышенной прочности, малому весу и возможности гибкого управления механическими характеристиками. Они представляют собой многослойные структуры, в которых каждый слой обладает уникальными свойствами. Такая конфигурация позволяет адаптировать характеристики изделия в зависимости от его функционального назначения. Одним из определяющих параметров многослойного композита является угол армирования волокон в каждом слое. Этот параметр напрямую влияет на распределение деформаций и напряжений внутри материала, определяя его жесткость и прочностные характеристики.

Рассматривается методика расчета эффективных механических характеристик композитного пакета, состоящего из n слоев. При этом учитываются индивидуальные свойства каждого слоя, его пространственная ориентация и взаимодействие с соседними слоями. В ходе анализа определяются такие параметры, как общий модуль упругости, модуль сдвига и коэффициенты Пуассона. Вычисления проводятся с учетом реального распределения нагрузок, углов армирования и механических характеристик отдельных слоев, что позволяет получить достоверные результаты. Для корректного учета угла армирования каждого слоя необходимо выполнить переход от естественных осей

однонаправленного материала к новой системе координат, полученной путем вращения. Данное преобразование позволяет более точно спрогнозировать поведение композита под воздействием нагрузок [1].

Одним из ключевых этапов решения задачи является построение матрицы жесткости многослойного композита. Данная матрица отражает совокупное влияние механических свойств всех слоев и позволяет получить обобщенные характеристики структуры при различных видах нагружения. На основе сформированной матрицы жесткости проводится расчет итоговых технических характеристик всего пакета.

Для автоматизации вычислительного процесса разработана программная реализация алгоритма на языке C++. Программа позволяет пользователю вводить параметры композитного пакета (количество слоев, механические свойства каждого слоя, углы армирования) и получать результаты расчетов. Одной из функций программы является визуализация данных в графическом формате, что значительно упрощает анализ влияния параметров на характеристики композита. После обработки входных параметров программа проводит вычисления и формирует отчет с рассчитанными механическими свойствами материала.

Полученные результаты позволяют оптимизировать конструкцию протеза стопы, изготовленного с применением двух различных технологий: прямого прессования и намотки.

Список используемых источников:

1. Композиционные материалы : Справочник / [В. В. Васильев и др.]; Под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – Москва : Машиностроение, 1990.

Разработка радиационно-защитных материалов для Российской орбитальной станции и миссий за пределами магнитосферы Земли с использованием исследовательской инфраструктуры ARIADNA комплекса NICA

Мусса Хосин

Научный руководитель — к.б.н. Белов О.В.

МФТИ, Жуковский

Радиационная безопасность космонавтов во время длительных космических полетов является одной из важнейших задач для дальнейшего развития космических исследований. В то же время электромагнитное излучение и выбросы заряженных частиц с поверхности Солнца являются значительным компонентом общей интенсивности космического излучения. Точная оценка их вклада остается сложной задачей из-за значительных временных вариаций и сложности точного измерения их энергетического спектра. Увеличение продолжительности орбитальных полетов и планирование дальних космических миссий требуют надежного обеспечения радиационной безопасности как для космонавтов, так и для бортового оборудования, что является одной из самых актуальных проблем.

В первом квартале 2024 года Роскосмос утвердил эскизный проект Российской орбитальной служебной станции (РОСС). Она представляет собой уникальную орбитальную лабораторию для обработки вопросов радиационного риска во время пилотируемых миссий за пределами низкой околоземной орбиты. Это обусловлено тем, что РОСС будет находиться в орбите с повышенным радиационным фоном и большим вкладом тяжелых заряженных частиц в общую дозу облучения по сравнению с Международной космической станцией (МКС). Периодическое нахождение РОСС в условиях, близких к радиационной среде межпланетного полета, предоставляет уникальную возможность для реалистичного моделирования долговременного воздействия космической радиации на молекулярно-генетическом, клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях в сочетании с другими факторами космического полета. Строительство РОСС требует разработки новых защитных материалов, эффективно защищающих от корпускулярного излучения и не приводящих к резкому увеличению вторичной радиации внутри станции. Отбор и тестирование защитных свойств новых материалов возможно проводить с использованием

наземных радиационных источников, таких как ускорители частиц, гамма- и рентгеновские установки и др.

МКС и предыдущие советские орбитальные станции работали на орбитах с наклоном 51,6°, что было обусловлено возможностями носителей. РОСС будет выведена на солнечно-синхронную орбиту с наклоном 97°, что обеспечит покрытие всей территории России, включая Северный морской путь и Арктику. Современные ракетноносители, такие как «Ангара А5М» и «Союз-2.1б», способны вывести станцию на эту орбиту.

По данным CNES (Французское космическое агентство), в полярной орбите (РО) материалы подвергаются годовому поглощенному излучению порядка $2,8 \times 10^3$ Гр/год, что выше, чем на МКС ($1,2 \times 10^3$ Гр/год), но значительно ниже, чем в геостационарной (ГСО) или высокоэллиптической (ВЭО) орбитах. Это повышенное облучение, особенно в периоды слабой солнечной активности, делает РОСС идеальной платформой для испытаний радиационно-стойких материалов перед лунными или межпланетными миссиями.

Исследование проводится в рамках программы «Прикладные исследования и инновации» (Applied Research and Innovations) на комплексе NICA в Дубне и включает изучение низкоэнергетических (3,2 МэВ/нуклон) и среднеэнергетических (150–1000 МэВ/нуклон) ионных пучков на ускорителях NILAS и Нуклотрон, соответственно, в Лаборатории физики высоких энергий им. Векслера и Балдина ОИЯИ. Наш обзорный материал рассматривает поведение материалов в космосе с акцентом на полимеры, композиты и их термомеханические свойства, особенно в контексте радиационной защиты в миссиях за пределами магнитосферы Земли. Запланированные эксперименты в инфраструктуре ARIADNA будут сопоставлены с результатами Монте Карло моделирования, проведенного с использованием GEANT4.

Список используемых источников:

1. Chudinov, N.A., Murtazin, R.F., On the Choice of Orbit for the Russian Orbital Station and New Opportunities for Manned Space Exploration, XLVIII Academic Readings on Cosmonautics, Moscow, January 23–26, 2024.
2. Ginisty, F., Study of the Terrestrial Spatial Radiative Environment and its Reconstruction, PhD thesis, University of Montpellier, Montpellier, March 18, 2024.
3. Wilson, J. W., Cucinotta, F. A., Miller, J., Shinn, J. L., Thibeault, S. A., Singleterry, R. C., Simonsen, L. C., & Kim, M. H., Materials for Shielding Astronauts from the Hazards of Space Radiations, Materials Research Society Symposia Proceedings, Materials Research Society, January 1998.
4. NASA Langley Research Center, Radiation Shielding Materials Containing Hydrogen, Boron, and Nitrogen: Systematic Computational and Experimental Study - Phase I NIAC FINAL REPORT, September 30, 2012.

Получение характеристик внутрислойной трещиностойкости ПКМ

Мухай М.А.

Научный руководитель — Турбин Н.В.

МАИ, Москва

В данной работе представлено исследование внутрислойной трещиностойкости монослоя однонаправленного композиционного материала по первой моде в условиях эксперимента. Этот параметр характеризует способность материала сопротивляться распространению трещин внутри слоев, что является важным критерием для оценки его прочностных характеристик.

Эксперимент проводился с использованием испытательной машины и образцов с укладкой слоев [0,90₄]S. Для визуального контроля роста трещин боковая грань образца была отшлифована и обработана белым пигментом, что обеспечило высокую контрастность наблюдений. Дополнительно применялись студийное освещение, камера от аппарата цифровой корреляции изображений на штативе с объективом с маленьким фокусным расстоянием для детальной фиксации процесса разрушения материала.

Фиксация раскрытых трещин осуществлялась при заранее рассчитанных нагрузках, соответствующих деформациям 0,3%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, 0,8% и 1%, при которых

испытательная машина поддерживала один уровень нагружения для фотофиксации боковой грани образца. Такой метод позволил изучить динамику распространения трещин при различных уровнях нагрузки, а также определить плотность трещин на определенных уровнях деформаций.

Для обработки полученных результатов был построен график зависимости плотности трещин от величины деформации, что позволило в результате эксперимента вычислить значение критической энергии разрушения. Разработанная методика может стать более простой альтернативой существующим способам оценки внутрислойной трещиностойкости, позволяя проводить анализ с меньшими затратами времени и ресурсов. Благодаря своей эффективности и доступности, данный подход может найти широкое применение в промышленности и научных исследованиях.

Список используемых источников:

1. Ever J. Barbero, F.A. Cosso, Determination of material parameters for discrete damage mechanics analysis of carbon-epoxy laminates – Composites: Part B 56 (2014) 638–646.
2. Xi Li, Rinze Benedictus, Dimitrios Zarouchas, Early fatigue damage accumulation of CFRP Cross-Ply laminates considering size and stress level effects – International Journal of Fatigue 159 (2022) 106811.
3. Barbero, Ever J, Introduction to composite materials design / Ever Barbero – Third edition. | Boca Raton : Taylor & Francis, CRC Press, 2017.
4. Nikolay V. Turbin, Kirill A. Shelkov, Nikolay O. Kononov, Ever J. Barbero, Cyclic damage quantification in composite materials using discrete damage mechanics – Composite Structures, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2024.118271>.

Оценка возможностей разработки и применения полимерных композитов на основе арамидных волокон в ракетно-космической технике

Неретина А.С., Рычкова А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Соловьев В.В.
АМГУ, Благовещенск

Современная промышленность сталкивается с необходимостью создания компонентов, которые объединяют легкость и прочность, что особенно актуально для высоких нагрузок в условиях эксплуатации. Традиционные материалы не всегда способны удовлетворить эти требования, что приводит к увеличению веса изделий и снижению их эксплуатационных характеристик. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе арамидных волокон могут стать перспективным решением, обеспечивая высокую прочность, термостойкость и надежность в условиях высоких механических и температурных нагрузок.

Арамидные волокна отличаются высокой прочностью и жесткостью, обеспечивая надежность при механических испытаниях. ПКМ на их основе сохраняют высокие эксплуатационные показатели при температуре свыше 200°C. Они также проявляют пластические свойства при сжатии около 0,3% и линейную деформацию до разрушения при растяжении свыше 2%. Волокна склонны к впитыванию влаги, но это незначительно влияет на прочность при растяжении. Прочность может быть снижена при длительном воздействии УФ-излучения, но это компенсируется защитой полимерной матрицей. Эпоксидные смолы обладают хорошей термостойкостью и стойкостью к химическим воздействиям, что важно в условиях космического пространства. Исследования [1] и [2] показывают, что комбинация арамидных волокон с эпоксидной смолой улучшает прочность и устойчивость композитов. Испытания [3] указывают на меньшую пористость и повышение прочности при изгибе и сдвиге на 20%. Пахомов К.С. и соавторы [1] также отмечают высокую совместимость арамидных волокон и эпоксидных смол при длительном взаимодействии, что свидетельствует о стабильности и надежности данного сочетания.

Цель работы заключается в исследовании и разработке полимерных композитных материалов на основе арамидных волокон для применения в ракетно-космической технике. Основные задачи включают анализ современных подходов к созданию композитов, оптимизацию их состава и структуры для достижения максимальной прочности при

минимальной массе, а также изучение механических, термостойких и теплозащитных свойств на основании экспериментально полученных данных.

В данной работе экспериментальные образцы, изготовленные из арамидной ткани различной плотности и эпоксидной смолы, были подвергнуты ультразвуковым и прочностным испытаниям (растяжение и сжатие). Для производства данных композитов был выбран метод вакуумной инфузии, который обеспечивает равномерную пропитку волокон и минимизирует дефекты в виде воздушных пузырьков и неоднородности, что позволяет сохранить все преимущества арамидных волокон, включая их высокую прочность и жесткость.

По результатам анализа экспериментальных данных было определено, что образцы с более высокой плотностью арамидной ткани демонстрируют значительное увеличение прочностных характеристик по сравнению с образцами с низкой плотностью. Ультразвуковые испытания также показали, что использование вакуумной инфузии способствует улучшению однородности структуры композитов, что положительно сказывается на устойчивости к механическим нагрузкам. Однако, прочностные характеристики и жесткость материала варьируются в зависимости от угла приложения нагрузки. При углах приложения нагрузки -45° и 45° наблюдались более высокие деформации, что указывает на меньшую жесткость материала в этих направлениях. Наименьшие деформации фиксируются при углах 0° и 90° , что указывает на большую жесткость материала в этих направлениях.

Таким образом, несмотря на достигнутые результаты, необходимо провести более тщательные исследования различных характеристик полимерных композитных материалов, включающие в себя испытания на стойкость к ударным нагрузкам, термическую стабильность и долговечность в условиях, приближенных к космическим, чтобы гарантировать надежность конструкции ракет-носителей при их применении.

Список используемых источников:

1. Влияние сорбции компонентов эпоксидного связующего на свойства арамидных волокон / К. С. Пахомов, ю. В. Антипов, И. Д. Симонов-Емельянов, А. А. Кульков // Пластические массы. – 2019. – № 3-4. – С. 7-10. – EDN CTENIT.
2. Ибатуллина, А. Р. Разработка арамидных волокнистых материалов с регулируемыми показателями физических и механических свойств: специальность 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности»: Автореферат на соискание кандидата технических наук / Казанский национальный исследовательский технологический университет. — Казань, 2013. — 18 с.
3. Патент № 2405675 C1 Российская Федерация, МПК B29C 51/10, B32B 27/12, C08J 5/00. – EDN WNAFPL.

Сравнение характеристик полиэтилена и его модификаций для эндопротеза коленного сустава

Остапюк С.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нейман А.П.

МАИ, Москва

Эндопротезирование коленного сустава (ЭПКС) – действенный способ лечения пациентов с дегенеративными и воспалительными заболеваниями коленного сустава, приводящими к неизлечимому повреждению хрящевой ткани и значительным ограничениям двигательной активности. При эндопротезировании сустава контактные поверхности заменяются искусственной парой трения, наиболее распространённой при ЭПКС, является металл-полимерная пара. Полимером служит сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Успех ЭПКС во многом зависит от долговечности и надежности компонентов эндопротеза [1].

В работе были рассмотрены наиболее часто используемые виды модифицированного полиэтилена:

- Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWPE).
- Сшитый полиэтилен (HXLPE).

- Полиэтилен с добавкой витамина Е (Vitamin E-HXLPE).

Полиэтилен находит применение в следующих компонентах ЭПКС:

- Тибиа́льный полимерный вкладыш – проставка, повторяющая анатомию мыщелок большеберцового тибиа́льного плато, образующую узел движения в паре с бедренным компонентом.

- Надколенный компонент – так называемый «колпачок», идентичный форме тыльной поверхности надколенника [1].

Основные проблемы материала тибиа́льного вкладыша и надколенного компонента:

1. Скорое изнашивание полиэтилена ввиду динамических нагрузок и дальнейший выброс частиц износа в ткани организма.

2. Окисление полиэтилена впоследствии влияния кислорода [3].

Зачастую в компонентах ЭПКС используется сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWPE) – двухфазный полимерный материал с вязкоэластичными свойствами, обладающий достаточными механическими свойствами и биосовместимостью. Его высокие стойкость к адгезионному износу и поверхностному отслаиванию позволяют снизить риск разрушения при наличии повреждённых поверхностей узлов трения эндопротезов. Но при этом UHMWPE имеет склонность к окислительной деструкции и образованию износных микрочастиц, вызывающих воспалительные процессы и остеолит. В связи с этим разработка модифицированных полиэтиленов с улучшенными характеристиками – актуальная научно-техническая задача.

Широко распространенными методами модификации UHMWPE являются:

1. Сшивка (crosslinking) с использованием облучения (гамма-излучение, электронный луч) – сшитый полиэтилен (HXLPE). Сшивание позволяет синтезировать более прочную трехмерную структуру полимера с улучшенными механическими свойствами и повышенной износостойкостью. Следует отметить, что чрезмерная сшивка ведет к появлению хрупкости, деформации и снижению прочности на разрыв, следовательно, баланс между степенью сшивки и механическими свойствами играет ключевую роль в разработке оптимальных материалов для ЭПКС [2].

2. Сшивание с добавлением антиоксиданта витамина Е (Vitamin E-HXLPE). Витамин Е положительно влияет на стойкость к износу, затрудняет окисление полиэтилена, повышая прочностные свойства и увеличивая долгосрочность использования материала, резко сокращает вероятность образования микрочастиц полиэтилена, уменьшая долгосрочные риски развития воспалительных процессов в тканях [3].

Сравнительный анализ свойств рассматриваемых полимеров:

- Долговечность: существенный недостаток UHMWPE – посредственная износостойкость. HXLPE обладает значительно более высокой износостойкостью в связи облучением материала, что снижает износ в условиях высокого трения, таким образом увеличивая долговечность эндопротеза. Vitamin E-HXLPE, обеспечивая достаточную окислительную стабильность, предотвращает деградацию полиэтилена, тем самым продлевает срок службы ЭПКС.

- Клинические результаты: UHMWPE известен внушительным клиническим опытом, однако имеет существенные недостатки, связанные с изнашиванием. HXLPE также имеет значительный клинический опыт и проявляет отличную надежность. Vitamin E-HXLPE – относительно новый материал, и хоть предварительные результаты положительные, для достоверности требуются более длительные клинические исследования для точности оценки его характеристик.

- Совместимость с организмом: все три модификации (UHMWPE, HXLPE, Vitamin E-HXLPE) обладают хорошей биосовместимостью, но в сравнении со всеми представленными видами полиэтилена именно Vitamin E-HXLPE значительно снижает риски появления остеолита [2-3].

Список используемых источников:

1. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. J Bone Joint Surg Am. 2007;89(4): 780-785.

2. McKellop H, Shen FH, O'&Rourke M, et al. Wear of highly cross-linked polyethylenes in total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 2003;85-A Suppl 4:144-149.
3. UHMWPE for arthroplasty: past or future?– Elena Maria Brach del Prever, Alessandro Bistolfi, Pierangiola Bracco & Luigi Costa – Journal of Orthopaedics and Traumatology volume 10, pages1–8 (2009), Published: 24 December 2008.
4. Minoda Y, Kobayashi A, Iwaki H, Iwakiri K, Inori F, Sugama R, Ikebuchi M, Kadoya Y, Takaoka K. In vivo analysis of polyethylene wear particles after total knee arthroplasty: the influence of improved materials and designs. J Bone Joint Surg Am. 2009 Nov;91 Suppl 6:67-73.

Процесс фазового распада в системе полилактид – эпоксидный полимер **Плюснина И.О.**

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.
 ИФХЭ РАН, Москва

Ранее на примере отверждающейся системы поликапролактон (ПКЛ)–ДГЕБА нами была разработана методика определения температурно-концентрационных параметров, задающих тип фазовой структуры отвержденной композиции. Определено, что система ПКЛ–ДГЕБА+ДДС характеризуется диаграммой аморфного расслоения с нижней критической температурой смешения (НКТС). Установлено, что в системе ПКЛ–ДГЕБА+ДДС фазовый распад начинается после точки гелеобразования, где диффузионные процессы замедляются вследствие быстрого нарастания вязкости в результате формирования пространственной сетки химических связей. Это позволило детально проследить изменения фазовой структуры от начала фазового распада до полной ее фиксации. Из анализа полученных данных была предложена полная температурно-концентрационная схема формирующейся в результате отверждения фазовой архитектуры, содержащая переходные зоны между структурами типа взаймопроникающих фаз и матрица – дисперсия.

Цель данной работы заключается в апробировании разработанной методики прогнозирования и регулирования фазовой структуры, размеров и состава фаз для ее дальнейшего развития и применения в системах с верхней критической температурой смешения (ВКТС). Отдельное внимание уделено диффузионной подвижности компонентов в процессе отверждения, определяющей эволюцию фазовой архитектуры материала в процессе отверждения, размеры и состав структурных элементов.

В качестве модельной системы был выбран эпоксидный олигомер, модифицированный полилактидом (ПЛА). ПЛА – биоразлагаемый, кристаллизующийся термопласт NatureWorks, Plymouth, MN, USA IngeoTM с $M_n \approx 104$ г/моль, 4043D и $\rho = 1,24$ г/см³. Отвердитель – диаминодифенилсульфон.

Методы исследования данной системы:

- дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) Netzsch DSC 204F1 Phoenix (NETZSCH-GERÄTEBAU GMBH, SELB, Германия);
- рефрактометрия Abbe ATAGO NAR-2T (ATAGO CO., LTD., Токио, Япония);
- оптическая интерферометрия (ОИ) на диффузиометре ОДА-2 (ИФХЭ РАН, Москва, Россия);
- поляризационная оптическая микроскопия (ОМ) (Olympus BX 51, Токио, Япония) с термостатируемым столиком микроскопа (Linkam LTS350);
- сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) JSM-6060A (JEOL, Япония).

Регулирование топологии полимерных сеток эпоксидных систем путем введения реактивных разбавителей

Пономаренко А.Д., Валиуллин Т.А.
 Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.
 ИФХЭ РАН, Москва

Настоящее исследование посвящено анализу воздействия реакционноспособных разбавителей на технологические и эксплуатационные характеристики эпоксидного олигомера (диглицидиловый эфир бисфенола А), отвержденного аминоксодержащими

отвердителями с различной функциональностью (двух- и трехфункциональные). Эпоксидные композиции, применяемые в качестве защитных покрытий, заливаемых материалов и матриц композитов, представляют собой многокомпонентные системы, модифицируемые для оптимизации реологических и эксплуатационных параметров. Ключевым модификатором выступают реакционноспособные разбавители, содержащие одну или несколько эпоксидных групп, которые снижают вязкость исходных композиций и определяют свойства отвержденных материалов. Актуальность работы обусловлена необходимостью системного изучения корреляции между структурой разбавителей, технологичностью смесей и физико-механическими характеристиками отвержденных систем.

Объекты исследования. В качестве материала эпоксидной основы использовали эпоксидный олигомер ДГЭБА марки KER-828 (Kumho P&B Chemicals, Южная Корея). Разбавители: АГЭ (Nanjing Chemical Material Corp., Китай), BGDE LS-622 (Wuhan Biet Co., Ltd, Китай), ФГЭ (ООО «Дорос», Россия). Отверждающие агенты: двухфункциональный амин Jeffamine D230 и трехаминотетрафункциональный T403 (Huntsman Performance Products, Китай).

Определение температуры стеклования осуществляли методом DSC (аппарат Netzsch DSC 204F1 Phoenix, Германия) в интервале 25–200°C (скорость нагрева 10°C/мин, атмосфера азота). Измерение вязкости на ротационном вискозиметре HAAKE RheoStress 1 при 25°C (режим сдвига 100 с⁻¹). Оценка коэффициентов диффузии – методом оптической интерферометрии (диффузиометр ОДА-2, ИФХЭ РАН). Определение прочности при растяжении на универсальной машине Zwick/Roell Z101 (стандарт ISO 527, скорость деформации 2 мм/мин).

В рамках исследования методом инкрементов (подход А.А. Аскадского) проведен расчет ван-дер-ваальсовых объемов отвержденных систем с вариативным содержанием разбавителей: моноглицидилового эфира C12-C14 спиртов (АГЭ), диглицидилового эфира 1,4-бутандиола (BGDE) и фурфурилглицидилового эфира (ФГЭ). На основании полученных данных выполнено прогнозирование температур стеклования с последующей верификацией экспериментальными значениями, определенными методом дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC). Теоретические значения вязкости эпоксидных смесей, рассчитанные по методике Грюнберга-Ниссана, сопоставлены с данными, полученными ротационной экспериментальной вискозиметрией. И проанализированы в контексте диффузионных характеристик, исследованных методом оптической интерферометрии.

Установлены концентрационные зависимости прочностных свойств (предела прочности при растяжении, модуля упругости и относительного удлинения) от типа и содержания разбавителей. Экспериментально подтверждено, что введение разбавителей в низких концентрациях (5–15%мас.) приводит к улучшению технологичности (снижение вязкости на 30–45%) и эксплуатационных характеристик (увеличение прочности на 15–20%) за счет оптимизации топологии пространственной сетки полимера с заданными функциональными свойствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Оценка трещиностойкости слоистого эпоксистеклокомпозита экспериментальными методами при низкоскоростном ударе

Салиенко А.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бабаевский П.Г.

МАИ, Москва

Композитные материалы часто подвергаются повреждениям при низкоскоростных ударных воздействиях, что приводит к значительному снижению их остаточной прочности и долговечности. Такие повреждения обычно возникают в процессе эксплуатации или технического обслуживания конструкций, представляя серьезную угрозу для их целостности. Низкоскоростные удары характеризуются скоростями в диапазоне от 1 до

10 м/с, что зависит от массы ударного элемента и жесткости мишени. Повреждения, вызванные низкоскоростными ударами, часто остаются невидимыми при визуальном осмотре, что затрудняет их обнаружение и повышает риск снижения эксплуатационной надежности конструкции. Основные механизмы повреждения включают образование трещин в матрице, внутреннее расслоение и разрушение волокон. Для изучения реакции композитных материалов на ударные воздействия разработан широкий спектр экспериментальных методов и численных моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать поведение материалов при таких нагрузках [1].

Целью работы является экспериментальное определение трещиностойкости слоистого эпокси-стеклокомпозита (ЭСК) при низкоскоростном ударе.

Объектом исследования является слоистый ортотропный ЭСК в виде пластин заданной толщины, получаемых методом прессования из препрега на основе ткани Т-10 и модельного эпоксидного связующего - эквимолярной смеси эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя – диаминодифенилметана. Соотношение стеклоткани и полимерной матрицы в ЭСК после формования (в масс.%) задается равным 67:33. Для испытаний на ударную трещиностойкость разработана методика и лабораторная экспериментальная установка на основе пружинного копра. С помощью пружинного устройства стержень-ударник разгоняется до скоростей 2–10 м/с. Ударник воздействует на образец типа DCB установленный вертикально, вызывая прорастание трещины. Для испытаний образцы выравнивали вертикально, при этом их нижний конец поддерживался зубуренным цилиндрическим держателем, который дополнительно крепился к опорному столу копра. Смещение краёв полубалок при росте трещины при ударе фиксировали с помощью высокоскоростной камеры.

Соотношения теории балок и полученные после обработки изображений деформационные характеристики использовались для построения зависимости нагрузки от смещения краёв полубалок, при каждом испытании на расслоение. Результаты показали хорошую воспроизводимость, при этом максимальная нагрузка составила 34 Н, а ударная трещиностойкость 621 Дж/м².

Список используемых источников:

1. Yanhong Chen, Kai Liu, Ziwen Xu, Huifang Liu, Maria Lißner, Borja Eric, Nik Petrinic A comprehensive experimental investigation of the rate-dependent interlaminar delamination behavior of CFRP composites / Composites Part B 261 (2023) 110788.

2. Babaevskiy P.G., Salienko N.V., Shatalin A.A. Experimental assessment of the adequacy of numerical modeling of the interlayer crack resistance of a laminate glass-epoxy composite under combined loading mode I/II Inorganic Materials: Applied Research. 2024. T. 15. № 5. С. 1558-1564.

Технология создания многослойных покрытий для нагревателей космических аппаратов

Тимошева А.Ю., Орешкин Д.И., Савельев Д.О.

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

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

Одной из важных задач системы терморегулирования (СТР) космических аппаратов (КА) является обеспечение номинального стабильного теплового режима оптических приборов, в частности телескопических комплексов. Например, главное зеркало (ГЗ) космического телескопа как конструктивный элемент не имеет прямого контакта с корпусом КА, поэтому его работоспособность в узком диапазоне температур обеспечивается за счет терморегулирующих (ТРП) покрытий и электрических нагревательных элементов. Широкое применение получили тонкопленочные нагреватели с минимальной массой и габаритными размерами [1]. Однако недостатком таких покрытий является низкий уровень надежности резистивного элемента. Толщина таких пленок не превышает 3 мкм, отчего нагревательный элемент не способен сопротивляться изгибным деформациям, а также имеет низкое качество

поверхности. Для повышения электрических характеристик нагревателей ГЗ может быть использован метод нанесения многослойных покрытий на алюминиевую подложку [2].

Предлагаемое покрытие нагревателя состоит из трех слоев:

- 1 – диэлектрический оксидный слой (микродуговое оксидирование);
- 2 – токопроводящий слой (вакуумное напыление);
- 3 – диэлектрический защитный слой (вакуумное напыление).

Первый диэлектрический слой выполнен методом микродугового оксидирования (МДО) и представляет собой слой оксида алюминия толщиной около 50 мкм, схожий по своим характеристикам с керамикой. Из главных преимуществ таких покрытий можно выделить хорошую прочность сцепления покрытия с подложкой, а также высокие механические характеристики – твердость, износостойкость. Существенным недостатком является высокая пористость покрытия. Оксидный слой выдерживает пробойное напряжение 200 В в течение 1 минуты, максимальное пробойное напряжение может достигать 800 В, что говорит о достаточно высоких диэлектрических свойствах покрытия. Однако дальнейшее напыление на материал токопроводящего слоя может привести к его замыканию на подложку, т.к. присутствуют глубокие открытые, а также сквозные поры. В работе рассматривались варианты нанесения второго диэлектрического слоя методом вакуумного напыления оксида кремния, однако это существенно повышает затраты времени и энергии на создание покрытий. Также увеличение количества слоев повышает риск разрушения покрытия, снижает адгезию между слоями. Существуют способы заполнения пор МДО-покрытий, такие как наполнение в горячем растворе дихромата калия или гидратация оксида алюминия путем наполнения в дистиллированной воде. Также перспективным методом получения покрытий с низкой сквозной пористостью является использование электролитов-суспензий на основе мелкодисперсных порошковых добавок, например, диоксида циркония [3].

Второй токопроводящий слой наносится методом вакуумного напыления. В качестве возможных материалов можно использовать нихром, алюминий или медь. Нихром имеет высокие механические свойства при различных температурах, хорошую пластичность и свариваемость, хорошо обрабатывается, немагнитен, а также не подвергается старению. Однако удельное электрическое сопротивление нихрома достаточно высоко, что может привести к высокому потреблению энергии нагревательным элементом, а мощность КА ограничена. К преимуществам меди и алюминия можно отнести высокий коэффициент теплопроводности, что будет способствовать равномерному распределению тепла при нагреве элемента. Сам проводник имеет форму меандра и может быть напылен методом маски. На поверхность нагревательного элемента укладывается алюминиевая фольга или бумага с соответствующей геометрией выреза. Способ достаточно прост, однако возникает риск перепыла материала за края маски. Ровный контур меандра можно получить с использованием технологии лазерного скрайбирования. В таком случае напыление меди в вакууме проводится на всю поверхность нагревательного элемента, а затем лазерной обработкой с оксидного слоя удаляются излишки меди. После напыления меандра производится пайка токопроводов. Поскольку медный слой является тонким необходимо обеспечить равномерное распределение тепла по всей длине меандра, чтобы не допустить перегрева зоны контактов и последующего отслоения покрытия.

Для защиты поверхности токопроводящего слоя необходимо нанесение третьего изоляционного покрытия. Одним из вариантов является нанесение тонкого слоя оксида кремния вакуумным методом. Поскольку к третьему защитному слою предъявляются высокие требования по эрозионной стойкости, адгезионной прочности и общим механическим свойствам, следует рассмотреть и другие возможные варианты нанесения покрытия.

Таким образом, установлен порядок нанесения покрытий на нагревательный элемент, проведен анализ материалов, изготовлен и испытан опытный образец нагревателя. Дальнейшее развитие настоящей работы предполагает проведение отдельных испытаний по нанесению третьего защитного диэлектрического слоя с целью повышения его адгезионной прочности [4].

Список используемых источников:

1. Пат. 2646421 Российская Федерация, МПК51 Н 05 В 3/36. Тонкопленочный электронагреватель / Филатов О.И., Полевой Б.Г. № 2016140962 ; заявл. 18.10.2016; опубл. : 06.03.2018, Бюл. №7. 11 с.

2. Демина В.Д. Исследование многослойного нагревателя с минимальным газовыделением для зеркал телескопа космического базирования после испытаний // ФИЗИКО-ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ / Сборник материалов XIX российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников и аспирантов 18-21 октября 2022 г. – Москва, 2022. С. 332.

3. Микродуговое оксидирование в электролитах-суспензиях (обзор) / Борисов А.М., Крит Б.Л., Людин В.Б. и др. // Электронная обработка материалов. 52(1), 2016. С. 50–77.

4. Пат. 2717142 Российская Федерация, МПК51 G 01 B 19/04. Способ оценки адгезионной прочности многослойного покрытия / Мингажаев А.Д., Криони Н.К., Мингажаева А.А., Давлеткулов Р.К., Сафин Э.В., Гайфуллин М.Р. № 2019121317 ; заявл. 04.07.2019; опубл. : 18.03.2020, Бюл. №8. 13 с.

Влияние космической среды на структуру материалов экзопротеза: теоретический анализ

Уткина А.А., Преснова Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ручина Н.В.

МАИ, Москва

В настоящее время стремительное развитие технологий в таких областях, как космонавтика, экзопротезирование и материаловедение, открывает новые возможности для участия людей с ограниченными физическими возможностями в длительных космических миссиях на орбитальных платформах, включая Международную космическую станцию (МКС). Одним из ключевых событий в этом направлении стало принятие в программу космической подготовки первого кандидата с экзопротезом. Это событие не только стало научным и социальным прорывом, но и породило актуальный исследовательский вопрос: насколько современные материалы, из которых изготавливаются экзопротезы, способны сохранять свои функциональные и механические свойства в экстремальных условиях микрогравитации, радиации и переменных температур? [1].

Данная статья посвящена теоретическому анализу различных типов материалов для экзопротезов, их поведению и структурным изменениям под воздействием факторов, возникающих в условиях космической среды. В ней теоретически моделируется ситуация, при которой протез оказывается под космическим влиянием для рассмотрения воздействий экстремальных условий на структуру материалов.

Цель исследования – выявить, как изменяются свойства полимерных и композитных материалов, а также металлических сплавов используемых для экзопротезов под влиянием экстремальных условий космической среды и определить, какие инновации требуются для обеспечения их надежной работы в космосе. [2].

В работе обсуждаются ключевые факторы, характерные для космической среды такие как: микрогравитация, космическое излучение, температурные колебания, вакуум и их влияние на структуру часто используемых материалов в изготовлении протезов. В качестве объектов исследования рассмотрены современные полимерные материалы, титановые сплавы, используемые в качестве несущей основы экзопротезов и композитные материалы, такие как углепластики и т.п., обеспечивающие лучшее соотношение прочности и веса, способные выдерживать экстремальные нагрузки. [3, 4].

На основе представленного теоретического исследования в статье предлагаются возможные решения, направленные на улучшения свойств материалов, которые позволят повысить устойчивость экзопротезов в условиях космической среды.

Список используемых источников:

1. ESA подготовила к полету на МКС первого космонавта с инвалидностью // Хайтек+ URL: <https://hightech.plus/2025/02/17/esa-podgotovila-k-poletu-na-mks-pervogo-kosmonavta-s-invalidnostyu>.

2. Космические воздействия // StudRef : сайт. – URL: https://studref.com/702889/tovarovedenie/kosmicheskie_vozdeystviya (дата обращения: 27.02.2025).

3. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ ВАКУУМНО- ТЕПЛОВИМ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВИМ ВОЗДЕЙСТВИИ // MSU : сайт. – URL: http://nuclphys.sinp.msu.ru/school/s12/12_14.pdf (дата обращения: 27.02.2025).

4. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВ Часть 1. Анализ теоретических и экспериментальных результатов (обзор) // Научно-технический журнал «ТРУДЫ ВИАМ» : сайт. – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1985 (дата обращения: 27.02.2025).

Физико-химические факторы, влияющие на свойства адгезионных стоматологических систем V поколения

Шапиро И.Д., Плюснина И.О.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ПМГМУ им. И.М. Сеченова, Москва

В исследовании были выбраны две однокиспентные адгезионные стоматологические системы пятого поколения: Адг№1 – OptiBond Solo Plus (Кер, США) и Адг№2 – ДентЛайт (АО «ВладМиВа», Россия). Согласно инструкциям, эти материалы содержат дисперсный наполнитель, метакрилатные олигомеры, активаторы полимеризации, стабилизаторы и растворители. Предварительные исследования показали, что обе системы обеспечивают надежное сцепление, основанное на механических и сорбционных механизмах адгезии, а также гарантируют хорошее прилегание восстановительного композиционного материала. Адгезионные системы полностью смачивают дентин и эффективно проникают в дентинные каналы. Они используются в сочетании с протравочным гелем, содержащим 37,5% ортофосфорной кислоты. Нанесение адгезивов проводилось в соответствии с инструкциями производителя, а фотополимеризация осуществлялась с помощью LED-лампы с длиной волны 420–480 нм.

С использованием методов посвечивающей электронной микроскопии Philips EM301 (Нидерланды) и сканирующей электронной микроскопии JEOL JSM-6060A (Япония), а также дифференциальной сканирующей фотокалориметрии Netzch DSC 204 F1 Phoenix (Германия) с добавлением источника света Thorlabs OSL2 Fiber Illuminator (США), термогравиметрического анализа (ТГА) на TG209 F1 Iris, Netzsch (Германия) и оценки адгезионной прочности пломбировочного материала с помощью адгезива и дентинного материала (по ГОСТ 31574–2012) на разрывной машине Zwick/Roell Z101 (Германия) проведены сравнительные физико-химические исследования адгезионных систем пятого поколения. Целью исследования было выявление особенностей формирования прочных адгезионных соединений в стоматологических системах, состоящих из композита, адгезива и дентинного материала.

Изучена кинетика отверждения и потеря массы после завершения химической реакции фотоотверждения. Установлено, что средняя потеря массы для Адг№1 составляет не более 13%, в то время как для Адг№2 она достигает 35%. Это связано с различиями в содержании растворителей (воды и этанола) в системах. Определены концентрации дисперсного наполнителя в адгезиве и его распределение по размерам. Показано, что массовая доля наполнителя в адгезионной системе Адг№1 достигает 18%, а в Адг№2 – 2%. Также установлено, что адгезионная прочность в системе адгезив – дентин существенно зависит от проникновения адгезива в дентинные каналы и его последующего отверждения. Реологические и энергетические характеристики адгезионных систем определяют механизмы механического соединения и сорбции стоматологического материала с дентинными тканями зуба.

Апробированы методики препарирования и исследования адгезионных систем, в которых адгезив демонстрирует хорошее взаимодействие с субстратами различной природы –

как гидрофобным композитом, так и гидрофильным дентином. Установлена корреляция между степенью наполнения, плотностью шивки и физико-механическими и адгезионными свойствами систем, что необходимо для разработки современных стоматологических адгезивов с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Влияние нанокристаллических полисахаридов на структуру и свойства плёнок поливинилового спирта, наполненных эфирным маслом

Шилкова А.А.

Научный руководитель — д.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

Разработка функциональных упаковочных материалов на основе биоразлагаемых полимеров для пищевых продуктов является одним из перспективных направлений материаловедения, т.к. этого требует как необходимость решения экологических проблем, связанных с избытком полимерных отходов, так и повышение качества продуктов питания. При получении пленок поливинилового спирта (ПВС) в качестве функциональных наполнителей могут выступать различные соединения, такие как: эфирные масла, придающие готовым упаковочным материалам антиоксидантные, антимикробные и фунгицидные свойства, а также наночастицы природного происхождения, в т.ч. полисахаридов – хитина и целлюлозы. Они способны повышать механические свойства упаковочных материалов и одновременно могут служить стабилизаторами границы раздела фаз полимер – эфирное масло.

Целью работы является исследование влияния введения нанокристаллических частиц полисахаридов на структуру и свойства плёнок из поливинилового спирта, наполненных эфирным маслом.

В качестве исходных компонентов использовали полностью омыленный ПВС марки 40-88 Fluka (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Германия) с молекулярной массой 205 кДа, эфирное масло корицы производства компании Infloral (Россия), а также нанокристаллические частицы хитина (НКХ) и целлюлозы (НКЦ), полученные методом селективного гидролиза аморфной фазы и представляющие собой анизометричные наночастицы с длиной/диаметром 181 ± 63 нм/ 65 ± 14 нм и 159 ± 89 нм/ 85 ± 39 нм соответственно. Пленки толщиной порядка 150 мкм получали методом полива на подложки 2 масс.% водных растворов ПВС концентрации, содержащих в своем составе 0,5, 1, 2% масла и 1% НКХ или НКЦ с последующим испарением растворителя. Содержание масла и наночастиц приведено по отношению к раствору ПВС. Исследование морфологии пленок с помощью оптического микроскопа Levenhuk D320 L (Levenhuk, Россия) показало, что с увеличением содержания масла возрастает как количество капель масла, так и их размеры в объеме пленок. Путем исследования изменения оптической плотности образцов при длине волны 500 нм с помощью фотометра КФК-3 – «ЗОМЗ» (АООТ «Загорский оптико-механический завод», Россия) установлено, что введение нанокристаллических полисахаридов в ПВС с повышенным содержанием эфирного масла приводит к снижению светопропускания пленок в 10 раз. Установлено, что сорбционная способность воды всеми образцами находится в диапазоне от 11 до 19%. Исследованы химический состав пленок при помощи ИК-МНПВО-спектроскопии, а также их термические и деформационно-прочностные свойства на растяжение.

Список используемых источников:

1. Fernández-Marín R., Labidi J., Andrés M.Á., Fernandes S.C.M. Using α -chitin nanocrystals to improve the final properties of poly (vinyl alcohol) films with *Origanum vulgare* essential oil // Polym. Degrad. Stab. – 2020. – Vol. 179.

Разработка технологии лазерной наплавки композиционных покрытий Ni/WC

Шипшев Р.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Солис Пинарготе
МГТУ «СТАНКИН», Москва

Объектом исследования в данной работе является металломатричные композиционные покрытия, нанесенные методом лазерной наплавки. Покрытия представляют собой матрицу на основе жаропрочного никелевого сплава Inconel 625, упрочненную сферическими частицами карбида вольфрама. Эти покрытия наносятся на стальные детали для повышения таких характеристик, как износостойкость и коррозионная стойкость.

Известно, что количество карбидной фазы и технологические параметры процесса лазерной наплавки, а именно, мощность лазерного излучения, скорость сканирования лазера оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики синтезируемых покрытий. В данной работе проанализировано влияние количества карбидной фазы и параметры лазерной наплавки на структурное состояние покрытий. Анализ структурного состояния позволит выявить природу влияния различных технологических параметров на эксплуатационные характеристики наплавляемых покрытий и в дальнейшем даст возможность предсказывать свойства композиционных покрытий в зависимости от используемых параметров синтеза.

Лазерная наплавка проводилась с использованием порошков карбида W и Inconel 625, подаваемых из разных питателей; дисперсность порошков составляла 50-150 мкм, а концентрация карбида варьировалась от 10 до 50 об.%. При синтезе композиционных покрытий были использованы следующие технологические параметры: мощность лазерного излучения $P = 800$ и 1000 Вт; скорость подачи порошка $V_p = 30-35$ г/мин.; скорость сканирования лазера по поверхности $V = 600, 800, 1000$ мм/мин.

Для дальнейшего структурного анализа были отобраны покрытия, удовлетворяющие следующему критерию [1-3]:

- отсутствие трещин и высокой пористости;
- коэффициент проплавления, равный отношению части площади валика, лежащей ниже уровня подложки, и общей площади валика, должно находиться в интервале от 0,1 до 0,4;
- угол при основании валика должен быть менее 90 градусов;
- коэффициент формы валика, равный отношению высоты валика к его ширине, должен лежать в диапазоне [0,2; 0,3];
- эффективная толщина слоя должна быть больше 500 мкм;
- ширина валика, при диаметре лазерного пучка 1,8 мм, должна лежать в диапазоне от 1,7 до 3 мм.

Структурное состояние покрытий анализировалось методами металлографического, рентгеноструктурного, рентгеновского микроспектрального анализов, растровой электронной микроскопии. На покрытиях также проводилось измерение микротвердости.

Методом рентгеновского фазового анализа показано, что в структуре исходных порошков присутствуют фазы W_2C , WC , W (порошок карбида вольфрама) и твердого раствора Ni (порошок сплава Inconel 625), а фазовый состав покрытий представлен никелевым твердым раствором, карбидами WC , W_2C и Ni_3Mo_3C .

Рентгеновский микроспектральный анализ показал, что в процессе лазерной наплавки наблюдается перераспределение элементов в покрытии: на границах исходных сферических частиц карбида W формируется «ореол», в состав которого входят W , Mo , Nb и C , т.е., кроме элементов, составляющих исходные карбидные частицы, наиболее сильные карбидообразующие элементы сплава Inconel 625, а распределение элементов в никелевой матрице также имеет неоднородный характер. Центральная часть дендритов матрицы обогащена Ni , а в междендритном пространстве наблюдается более высокая концентрация карбидообразующих элементов Mo , Nb , W и Cr .

Установлено, что при увеличении мощности лазера и уменьшении скорости сканирования доля сферических карбидов вольфрама в структуре уменьшается, а равномерность их распределения увеличивается.

Рентгеновским методом были определены периоды решетки никелевого твердого раствора в покрытиях с разным содержанием карбида вольфрама, полученных по разным режимам. Показано, что зависимость периода решетки никелевого твердого раствора от исходной концентрации карбида вольфрама в покрытии имеет немонотонный характер: при увеличении содержания карбида вольфрама до 30% наблюдается рост периода решетки, при дальнейшем увеличении %WC происходит спад периода решетки. На значение периода решетки оказывают влияние два процесса: растворение исходных карбидов и выделение η -фазы. Предположительно, при содержании карбида до 30% преобладает влияние растворения WC, увеличивающего период решетки никелевого твердого раствора, тогда как при дальнейшем росте концентрации карбида твердый раствор насыщается, и выделение η -фазы оказывает более значительное влияние на этот параметр.

Установлено, что увеличение доли карбидной фазы в покрытии приводит к росту его твердости: матричный сплав Inconel 625 после лазерной наплавки имеет твердость 340 HV0.2, композиционное покрытие с 50% карбида W – 720 HV0.2.

Для синтеза покрытий с различным содержанием карбидной фазы могут быть рекомендованы следующие режимы лазерной наплавки: при 10 и 20% карбида $P=1000$ Вт, $V=800$ мм/мин., при 30 и 40% карбида $P=1000$ Вт, $V=600$ мм/мин., при 50% карбида $P=800$ Вт, $V=600$ мм/мин.

Список используемых источников:

1. Алексеев А.В., Базалеева К.О., Карпухин С.Д., Пахомова С.А., Ян Цзюнь. Исследование композиционных покрытий на основе никелевого сплава // Заготовительные производства в машиностроении. – 2024. – Т. 22. – №.2. – С. 59-64.
2. De Oliveira U., Ocelik V., De Hosson J. T. M. Analysis of coaxial laser cladding processing conditions //Surface and Coatings Technology. – 2005. – Т. 197. – №. 2-3. – С. 127-136.
3. Harooni A. et al. Processing window development for laser cladding of zirconium on zirconium alloy //Journal of Materials Processing Technology. – 2016. – Т. 230. – С. 263-271.

Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий авиационно-космического комплекса

Секция №9.1 Экономика и менеджмент высокотехнологичных предприятий авиационно-космического комплекса

Проблемы производства боевой авиационной техники в условиях проведения специальной военной операции

Александров Р.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Воронеж

Проблемы в производстве военной техники, в том числе и боевой авиационной техники (БАТ), в России стали возникать с момента перехода к рыночным условиям хозяйствования, начиная с 1990 года, когда было принят Закон РСФСР «О предприятиях и предпринимательской деятельности».

В правовом поле предприятия, которые находились в прямом подчинении Министерства обороны, получили статус юридического лица, а вместе с ним административную и хозяйственную самостоятельность. Это обстоятельство стало причиной необходимости

согласования в рамках контрактных отношений (ГОЗ) разнонаправленных интересов Министерства обороны и предприятий ОПК на основе начительного количества нормативных актов, регулирующих указанные отношения. Контрактные отношения ГОЗ по закупкам военной продукции создают основные проблемы производства военной техники, включая БАТ [2].

Проблемы производства БАТ со стороны министерства обороны, определяются объемами, выделяемыми из бюджета на национальную оборону. В тоже время, необходимость проведения СВО потребовали увеличения производства БАТ для защиты территориальной целостности России, что свою очередь требует увеличения бюджетных расходов на оборону.

Решение проблемы, увеличения бюджетных расходов на оборону можно рассматривать с позиций: увеличения доходов бюджета и оптимизации расходов на национальную безопасность.

Среди мер увеличения доходов бюджета можно выделить мероприятия, направленные на обеспечение экономического развития государства, своевременности поступления доходов в бюджет, оптимизации налоговой нагрузки субъектов налогообложения, эффективности управления государственным имуществом и др.

Мероприятия по оптимизации расходов на оборону могут быть направлены на устранение нецелевого использования бюджетных средств, коррупционных проявлений в процессе реализации ГОЗ, а также совершенствование методик планирования потребностей БАТ.

Управляемым фактором решения проблемы в этом направлении является используемые методы и методики обоснования объемов и целесообразности ГОЗ по закупкам БАТ. Как показал выполненный автором анализ, применяемые методики обоснования потребностей БАТ не в полной мере учитывают военно-экономическую составляющую заказываемой БАТ.

В качестве рекомендаций предлагается использовать авторские методики оценки мероприятий в системе ГОЗ БАТ, которые можно применять, в том числе для определения «красной черты», а именно, если по факту реализации мероприятий, реальные показатели военно-экономической эффективности достигают нулевой оценки, целесообразным становится прекращение финансирования данного заказа.

Решение проблемы нецелевого использования бюджетных средств можно на основе мониторинга и контроля всех денежных потоков в процессе реализации ГОЗ. Для снижения, а в отдельных случаях устранения нецелевого использования денежных средств автор предлагает на законодательном уровне внедрять в деятельность предприятий ОПК комплексный контроль, который будет препятствовать нарушениям при исполнении ГОЗ.

Проблемы производства БАТ на уровне отдельных предприятий ОПК заключаются в том, что в условиях СВО, при возрастающих объемах ГОЗ, невозможно быстро увеличить производственные мощности.

В этих условиях предприятия вынуждены нарушать обязательства по выпуску гражданской продукции, что приводит к прямым финансовым потерям, к потере репутации, к возникновению риска утраты собственности.

Таким образом, выявленные проблемы в производстве БАТ будут способствовать их устранению, а, следовательно, эффективному обеспечению нужд национальной безопасности.

Список используемых источников:

1. Закон РСФСР от 25.12.1990 N 445-1 (ред. от 30.11.1994) «О предприятиях и предпринимательской деятельности» — URL: <https://base.garant.ru/3961922/?ysclid=m6zd0aly2u641056319>.
2. Чернышева Г.Н. Экономико-правовые основы заказов и поставок оборонной продукции: учебник для военных вузов.- Москва : Кнорус, 2024. – 201 с.
3. Cederquist J. G. et al. Audit-based compliance control/ J. G. Cederquist //International Journal of Information Security. – 2007. – № 6. – С. 133-151.
4. Указ Президента Российской Федерации от 03.03.2023 г. № 139 «О некоторых вопросах осуществления деятельности хозяйственных обществ, участвующих в выполнении государственного оборонного заказа» — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/48995>.

Киберстрахование как инструмент управления рисками

Алексий М.А., Селиверстова Д.С.

Научный руководитель — к.э.н. Нехрест-Бобкова А.А.

МАИ, Москва

Современные организации сталкиваются с растущими киберугрозами, которые несут значительные финансовые потери, репутационные риски и юридические последствия. В этих условиях киберстрахование становится важным инструментом управления рисками, позволяя минимизировать ущерб от кибератак и обеспечить устойчивость бизнеса. Киберстрахование — это вид страхования, который предназначен для защиты организаций от рисков, связанных с киберпространством. Риски могут включать в себя различные виды угроз, такие как взлом, утечка данных, фишинг, вирусы, и другие виды кибератак [3].

Подобно стихийному бедствию кибератаки могут навредить сотням компаний. Так называемые кибер-ураганы, когда хакаеры вмешиваются в деятельность большого количества предприятий, используя их зависимость от общей интернет-инфраструктуры, происходят все чаще [2].

Киберстрахование и снижение рисков являются важнейшими компонентами любой комплексной стратегии безопасности. Полисы киберстрахования обеспечивают финансовую защиту от убытков, возникающих в результате целого ряда киберугроз, включая утечку данных, кражу конфиденциальной информации, кибератаки и другие виды киберпреступлений. Организациям важно понимать, каковы покрытия и ограничения киберстрахования, и оценить свои уникальные киберриски [1]. Основными видами полисов являются:

1. Полис защиты от кибератак — покрывает ущерб, вызванный взломом систем, включая утечку данных, кражу информации, уничтожение данных или блокировку сервисов.

2. Полис защиты от утечек данных — предоставляет защиту от последствий утечек персональных данных или информации о клиентах, включая штрафы и юридические расходы.

3. Полис репутационного ущерба — предназначен для покрытия убытков, связанных с негативным воздействием на репутацию компании после инцидентов в области информационной безопасности

4. По данным исследований, глобальные убытки от киберпреступлений могут достигать миллиардов долларов ежегодно, а число инцидентов продолжает расти. В условиях постоянно меняющегося ландшафта угроз компании должны адаптировать свою стратегию управления рисками. Киберстрахование не только компенсирует финансовые потери, но и служит индикатором зрелости бизнеса в сфере кибербезопасности.

В ходе исследования был проведен анализ текущего состояния рынка киберстрахования, влияние киберстрахования на экономическую стабильность и рост, ключевые аспекты выбора подходящей страховки для бизнеса. Рассмотрены прогнозы относительно развития киберстрахования, включая возможные инновации, адаптацию к новым угрозам и интеграцию с другими инструментами управления рисками. Также рассмотрены перспективы развития рынка киберстрахования, а именно новые тенденции, такие как использование искусственного интеллекта для оценки рисков и автоматизации процессов страхования. Внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения может помочь в оценке рисков и разработке более персонализированных полисов. Ожидается, что рынок будет продолжать развиваться, адаптируясь к новым угрозам и технологиям.

Таким образом, киберстрахование играет важную роль в стратегии управления рисками для современных компаний. Оно не только обеспечивает финансовую защиту от последствий кибератак, но и способствует созданию более безопасной бизнес-среды через доступ к экспертным знаниям и ресурсам. Инвестирование в киберстрахование — это не просто защита от убытков, но и шаг к созданию более устойчивого бизнеса, способного адаптироваться к вызовам цифровой эпохи

Список используемых источников:

1. Левашов, П.Ю. Киберкрепость : всестороннее руководство по компьютерной безопасности 2024. — 543 с.

2. Киберстрахование на российском рынке. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/454278/> (Дата обращения: 02.03.2025).

3. Киберстрахование – необходимость, которая спасёт ваш бизнес от финансовой катастрофы. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/analytics/542799.php> (Дата обращения: 02.03.2025).

Проблемы стратегического планирования предприятий авиационной отрасли

Алёшин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Ермолаева Е.Н.

МАИ, Москва

Стратегическое планирование государства – деятельность органов власти по определению направления социально-экономического, научно-технического и культурного развития страны. В публикуемом документе закрепляются основные принципы, цели и задачи, которые должны исполнять ведомственные органы или государственные предприятия для достижения национальных интересов.

История стратегического планирования Российской Федерации берёт своё начало ещё при становлении СССР – с первого отраслевого плана «ГОЭРЛО» [4, с. 41]. Далее переходит в пятилетние планы развития (с годовыми, конкретизирующими задачи), а также десятилетние планы, определяющие общие направления советского государства в различных областях жизнедеятельности общества [4, с. 41]. В начале 90-ых годов прошлого века в связи

с Всесоюзным кризисом и переходом от административно-плановой экономики к рыночной институт планирования разрушается под догмой невозможности прогнозирования процессов свободных рыночных отношений [4, с. 41]. Становление стратегического планирования в Российской Федерации начинается с первых региональных планов социально-экономического развития, постоянно корректирующихся Президентом РФ и Правительством РФ, что говорит о тактической природе прогнозирования [4, с. 42]. В 1999 году образуется Центр стратегических разработок, продуктом деятельности которого становятся «Стратегии – 20XX» на период до 2010, 2020 и 2030 годов.

К сожалению, данные проекты не раз подвергались критике, а провал проведения проектов «Стратегии-2010» и «Стратегии-2020» не поддаётся оценке экспертов, что говорит о серьёзных проблемах в формировании института стратегического планирования Российской Федерации [3, с. 36]. Это обуславливает актуальность исследовательской работы, так как стратегическое планирование затрагивает и авиационную отрасль Российской Федерации.

Цель исследования – изучение комплекса факторов, приводящего к угрозе неисполнения предприятиями авиационной и машиностроительной отраслей показателей выпуска летательных аппаратов, закреплённых Правительством РФ в комплексной программе развития авиатранспортной отрасли до 2023 года.

Для достижения поставленной цели, были определены следующие задачи:

- 1) изучение программы комплексного развития авиатранспортной отрасли до 2023 года, выработанной Правительством РФ;
- 2) сравнение плановых показателей программы с фактическими значениями, на момент 2024 года;
- 3) анализ методов и инструментов, использованных Правительством РФ при составлении программы комплексного развития авиатранспортной отрасли до 2023 года, выработанной Правительством РФ;
- 4) изучение методов и инструментов советской школы стратегического планирования.

Основным литературным источником стала утверждённая 25 июня 2022 года Правительством РФ комплексная программа развития авиатранспортной отрасли до 2030 года. В данном документе были определены перспективы развития авиатранспортной отрасли на ближайшие семь лет. С учётом внешних ограничений в секторе авиационного транспорта рассматривается ускоренный выход на производственные технологии отечественного производства. Для ознакомления с методами и инструментами стратегического планирования была выбрана публикация ГОСПОЛИТИЗДАТа от 1957 года «Планирование в СССР» С. Г. Струмилина. В работах Трусова Н. А. и Тебекина А. В. отражена как оценка эффективности института стратегического планирования при СССР, так и анализ действующих программ прогнозирования.

В ходе исследования была выявлена серьёзная проблема с планами производства МС-21-300 подразделения ОАК – ПАО «Яковлев». В документе, сформированном Правительством РФ, указывается, что предприятие выйдет на производственные мощности, начиная с выпуска 6 машин в 2024 году [1, с. 14]. В отчётном периоде предприятие смогло начать производство одной единицы летательного аппарата. Непредвиденные в проекте трудности с сертификацией двигателей ПД-8 и ПД-14, экономическая нестабильность (и связанное с этим удорожание средств и материалов на производство) и неправильная оценка последствий оттока иностранных технологий (оценка производственных возможностей полностью отечественных технологий) вызвали серьёзную угрозу выполнению плана по производству свыше одной тысячи летательных аппаратов к 2030 году.

Таким образом, определяется потребность в ретроспективном подходе стратегического планирования авиационной отрасли Российской Федерации – изучение методов и инструментов, сформированных советской школой, включение пятилетнего или годового, можно сказать, «тактического» планирования, которое конкретизировало бы задачи и цели предприятий на различных этапах планового проекта [2, с. 43-44].

Список используемых источников:

1. Распоряжение Правительства РФ «Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года» от 25.06.2022 № 1693-р // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2022.
2. Струмилин С. Г. Планирование в СССР. – М.: Государственное издательство политической литературы, 1957. – 98 с.
3. Тебекин, А.В. Проблемы стратегического планирования при определении процессов социальноэкономического развития Российской Федерации на период до 2030 года / А.В. Тебекин. – DOI 10.52957/22213260_2022_3_36. – Текст : электронный // Теоретическая экономика. – 2022 – №3. – С.36-51. – URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 28.03.2022).
4. Трусов Н. А. Стратегическое планирование в России: история становления, критика, последствия, состояние // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. 2022. № 2 (58). С. 40—48. <https://doi.org/10.36511/2078-5356-2022-2-40-48>.

Регулирование тарифов и оптимизация коммерческого учета тепловой энергии и воды с помощью умных счетчиков

Бабич Б.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, Москва

Актуальность работы по регулированию тарифов на тепловую энергию и воду с помощью умных счётчиков обусловлена рядом факторов.

Во-первых, современное общество требует более эффективных и прозрачных методов управления ресурсами. Умные счётчики способны предоставить точные данные о потреблении, что способствует более рациональному распределению ресурсов и их стоимости.

Во-вторых, изменение климата и рост цен на энергоресурсы обостряют необходимость в оптимизации потребления и тарифообразования. Также, с ростом интереса к «умным» технологиям, применение таких решений становится неотъемлемой частью сетевой инфраструктуры.

Настоящее исследование направлено на изучение влияния умных счётчиков на тарифообразование в сфере теплоснабжения и водоснабжения. В рамках исследования рассматриваются преимущества внедрения интеллектуальных систем учёта, а также меры, которые необходимо предпринять для достижения эффективного регулирования тарифов.

Для достижения цели исследования необходимо рассмотреть такие вопросы как:

1. Изучение существующих моделей тарифообразования и их недостатков.
2. Проведение анализа существующих технологий умных счётчиков.
3. Сбор и анализ данных о потреблении ресурсов.
4. Разработка рекомендаций по оптимизации тарифов на основе полученных данных.

Повышение тарифа, как правило, затрагивает конечных потребителей ресурсов, в том числе домовладения и промышленные предприятия. Однако, внедрение умных счётчиков может привести к более справедливому распределению затрат за счет значительного повышения прозрачности и эффективности учета коммунальных ресурсов, создавая основу для дальнейшего цифрового развития сферы ЖКХ, а также созданию центра обработки информации, получаемой благодаря внедрению умных приборов, что обеспечит достоверность учёта потребляемых ресурсов. Плата за ЖКУ может вырасти всего на несколько процентов, однако потребители смогут сэкономить на плате за ресурсы благодаря более точному учёту фактического потребления. Установку и обслуживание счётчиков планируется возложить на ресурсоснабжающие организации (РСО), что должно упростить процесс и снизить нагрузку на конечных потребителей.

Благодаря точным данным о потреблении, каждая категория потребителей будет иметь возможность оплачивать только фактически потребленные ресурсы, что снижает нагрузку на ответственных за распределение ресурсов. Переход на умные технологии в учёте ресурсов

будет способствовать более рациональному использованию водяных и энергетических ресурсов, а также поддержанию устойчивого развития.

Список используемых источников:

1. За установку и замену «умных» приборов учета в домах будут отвечать РСО [Электронный ресурс] // РосКвартал. – Режим доступа: свободный. – Дата обращения: 18.02.2025.

2. Кубометры удаленно: как умные счётчики изменят систему ЖКХ [Электронный ресурс] // Российская газета. – Режим доступа: свободный. – Дата обращения: 18.02.2025.

3. Умные счетчики и умный дом: как их эксплуатировать и заложить в тариф [Электронный ресурс] // GKN365. – Режим доступа: свободный. – Дата обращения: 18.02.2025.

4. Установку умных счетчиков планируется включить в тарифы ЖКХ [Электронный ресурс] // Центр научно-технической информации. – Режим доступа: свободный. – Дата обращения: 18.02.2025.

5. Честный, но денег просит: рассмотрим плюсы и минусы перехода на умные счетчики [Электронный ресурс] // Медиакуб. – Режим доступа: свободный. – Дата обращения: 18.02.2025.

Анализ факторов повышения эффективности использования композитных материалов в авиационной

Белова О.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Композитные материалы состоят из нескольких компонентов с разными физическими и химическими свойствами, такими как металлы, керамика, стекло, пластмассы и углерод. Их преимуществами являются легкость, прочность, коррозионная стойкость, устойчивость к усталости, дизайнерская гибкость, высокая теплоизоляция [3].

Композитные материалы используются в элементах конструкции самолета: несущих поверхностях, фюзеляже, интерьерах и двигателях, снижая вес, улучшая аэродинамику, повышая энергоэффективность и снижая расход топлива [2]. Как показывают расчеты, затраты, связанные с применением композитов (стоимость композитных материалов, инвестиции в разработку структуры материала и др.) на региональном пассажирском лайнере среднего размера могут окупиться приблизительно за 5 лет за счет снижения массы самолёта и экономии топлива. Эти показатели могут меняться в зависимости от особенностей конкретного воздушного судна и условий его использования.

Проведенный анализ показал, что препятствиями на пути широкого использования композитных материалов, в том числе в авиационной, являются [1]:

- отсутствие единых стандартов производства и применения композитов;
- высокая стоимость композитов по сравнению с традиционно применяемыми материалами;
- недостаточные объемы производства необходимых компонентов композитных материалов;
- недостаток специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками работы;
- сложности с сертификацией новых композиционных материалов;
- экологические проблемы, связанные с отсутствием инфраструктуры переработки композитов и их утилизацией.

Перечисленные проблемы связаны в большинстве случаев, на наш взгляд, с организационными факторами, основным из которых является слабый механизм взаимодействия между всеми организациями - участниками этой отрасли промышленности.

В работе предлагаются мероприятия по совершенствованию организации деятельности предприятий – резидентов на примере инновационного научно – технологического центра (ИНТЦ) «Композитная долина», созданного Постановлением Правительства Российской

Федерации 21 января 2021 г. с целью развития и продвижение композитных материалов и технологий в различных отраслях промышленности.

Список используемых источников:

1. Белова, О. С. Проблемы развития отечественного рынка композитных материалов / О. С. Белова // Гагаринские чтения 2024: Сборник тезисов докладов 50-ой Международной молодежной научной конференции, Москва, 09–12 апреля 2024 года. – Москва: ООО «Издательство «Перо», 2024. – С. 617-619. – EDN ISXSAJ.

2. Перспективы применения полимерных композиционных материалов в авиационных конструкциях в 2025-2035 гг./ А. В. Славин, К. И. Донецкий, А. В. Хрульков // Научно-технический журнал «Труды ВИАМ» №11 (117) 2022.

3. Технологии изготовления композитов Текст электронный URL <https://www.skb-077.ru/blog/post/composite> (дата обращения 24.02.2025).

Роль системной инженерии при проектировании организационно-экономических объектов

Бодров Н.М.

Научный руководитель — Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Появление системной инженерии как области научно – практической деятельности связано с многократным усложнением объектов инженерного творчества. Объектом системной инженерии изначально были проекты по созданию больших технических систем, таких как, самолеты, суда, космические корабли и другая наукоёмкая техника. Впоследствии в качестве объектов системной инженерии стали рассматриваться любые сложные системы, создающиеся для удовлетворения определенных потребностей. В современном понимании в соответствии со стандартами ISO/IEC/IEEE 24765:2017 и ISO/IEC/IEEE 15288:2015 основу системной инженерии составляет комплексная совокупность технических и управленческих действий, направленных на удовлетворение запросов всех стейкхолдеров, а также для поддержки этих действий [1, 2]. В настоящее время системная инженерия играет ключевую роль в проектировании организационно-экономических объектов, обеспечивая комплексный и структурированный подход к разработке мегапроектов создания крупных предприятий современной промышленной индустрии; космодромных, аэропортовых инфраструктурных проектов и т.п.

В условиях быстро меняющейся экономической среды, системная инженерия позволяет эффективно управлять проектами, уменьшая риски и оптимизируя ресурсы [3].

Такое взаимодействие способствует созданию единой информационной среды, в которой участники проекта могут совместно работать над проектированием и принятием решений.

Одной из основных компонентов системной инженерии является подсистема управления требованиями, целевое назначение которой состоит в обеспечении требуемого качества объекта проектирования [4].

Как показывает опыт, практика применения системной инженерии имеет множество проблем, одной из которых является несовершенство системы управления требованиями.

В работе рассматриваются недостатки существующих систем управления требованиями при проектировании сложной наукоёмкой техники, в частности, такие, как:

- неоднозначность определений базовых понятий;
- несистематизированность основополагающих элементов;
- отсутствие организационно-методологического и методического единства процессов управления требованиями.

Предлагаемыми направлениями работ по совершенствованию существующей системы управления требованиями при разработке новой техники являются:

- анализ научно – практического задела рассматриваемой области, доработка понятийного аппарата;

- сбор, систематизация и анализ статистических данных существующей практики по управлению требованиями на предприятиях высокотехнологичного бизнеса;
- разработка организационно – экономического аппарата управления требованиями применительно к наукоёмким предприятиям, реализующим полный жизненный цикл сложной наукоёмкой продукции;
- проектирование облика внешней инфраструктуры системы управления требованиями с учетом особенностей взаимодействия со всеми её рыночными компонентами.

При проектировании организационно – экономического механизма управления требованиями основополагающим является системный подход, использование методологии и инструментария системной инженерии, что обеспечит комплексный подход к решению задач, улучшая качество проектных решений и способствуя эффективному взаимодействию между всеми участниками процесса.

Список используемых источников:

1. Системная и программная инженерия. Словарь-справочник / В. К. Батоврин. — Москва: ДМК Пресс, 2023. Текст: электронный. — URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9785898184827_A48649508/preview-9785898184827_A48649508.pdf.
2. Системный подход для совершенствования бизнес-модели. Анатолий Левенчук. Системное мышление 2020. — Текст: электронный. — Издательские решения, 2020. — 472 с. — ISBN 9785449044396 — URL: <https://mem.knigogid.ru/books/497356-sistemnoe-myshlenie-uchebnik/toread/fragment>.
3. Системная инженерия. Системный анализ процесса управления инфраструктурой системы: ГОСТ Р 59993-2022 — Текст: электронный — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200192697>.
4. Управление требованиями. Список основных положений: ГОСТ Р 59194-2020 — Текст: электронный — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573219705>.

Вызовы и перспективы стратегического развития предприятий авиационной промышленности

Бондарева А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Тарасова Н.В.
МАИ, Москва

В настоящее время в связи с экономическими и политическими событиями перед авиационной отраслью России стоит задача по формированию новой стратегии развития с учетом имеющихся экономических и политических ограничений и технологических вызовов.

На данный момент стратегическое развитие российской авиационной отрасли сосредоточено на адаптации к изменениям рыночной среды и авиационным программам: Правительство сократило некоторые статьи бюджета на поддержку авиационной промышленности. Субсидирование федерального проекта «Государственная поддержка авиационной промышленности» в 2025 г. уменьшилось на 32% и составило 17,3 млрд рублей. Помощь предприятиям авиационного двигателестроения уменьшилась, а именно: в 2025 г. для них заложено 540 млн рублей (-39%).

В настоящее время российская авиационная промышленность не может в полной мере конкурировать с зарубежным рынком гражданской авиатехники в силу ряда причин:

- Ограниченности ресурсов, используемых предприятиями (главным образом из-за ограниченности трудовых ресурсов, заключающегося в дефиците высококвалифицированного научного, инженерно-конструкторского, производственного персонала и ограниченности основного производственного капитала, связанного со значительной степенью физического и морального износа станочного оборудования, которое составило 47,2% в 2024 г.).

- Сокращением государством финансирования авиапромышленности, необходимого для разработки новой продукции, повышения уровня внедрения современных материалов, технологий производства и технологического перевооружения предприятий.

- Введением зарубежной санкционной политики, обуславливающей ограничения в импорте нового оборудования, комплектующих изделий и материалов.

Перспективными решениями данных проблем могут являться:

- создание новых партнёрств и альянсов предприятиями сектора авиапромышленности (при сокращении государственного финансирования синергетический эффект может значительно увеличить экономическую эффективность деятельности предприятий);

- инвестирование в развитие производства, в том числе в кадры как одну из ключевых составляющих эффективной деятельности предприятия.

Однако экономическая нестабильность заставляет инвесторов и предпринимателей избегать вложений в крупные инновационные проекты.

Одним из потенциальных инструментов финансирования инновационных проектов может являться краудфандинг – метод коллективного финансирования отрасли или отдельных предприятий.

Реализация этих решений является фундаментом стратегического развития инновационной составляющей авиационных предприятий, к которым относятся:

- повышение уровня автоматизации и роботизации производственных процессов;
- повышение уровня цифровизации производственных процессов.

С одной стороны, данные решения в перспективе повысят эффективность производственных процессов, смогут обеспечить производство всех типов летательных аппаратов с учетом импортозамещения, а с другой – требуют значительных финансовых вложений и влекут за собой сокращение рабочих мест. Данные обстоятельства важно нивелировать.

Российские предприятия авиационной отрасли должны не только формировать стратегии развития на основе своих сильных сторон, но и адаптировать их к прорывным решениям наращивания производственных мощностей.

Для успешного стратегического развития отечественных предприятий авиационной промышленности необходим комплексный подход, включающий как сотрудничество предприятий, так и привлечение частных и государственных инвестиций. Важным элементом является продолжение государственных стратегических программ, направленных на инновационное развитие производств. Эти меры помогут сформировать научно-технологический задел, разработать и внедрить новые технологии, модернизировать производственные системы и, как следствие, укрепить позиции отечественной авиации на мировом рынке, обеспечивая ее стабильный рост в долгосрочной перспективе.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.11.2022 № 2114 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие авиационной промышленности"» – URL: <http://government.ru/docs/all/144504/>.

2. Иванов О. Б. Стратегия инновационного развития: истоки и логическое продолжение / О. Б. Иванов, Е. М. Бухвальд // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. – 2021. – № 3. – С. 7–24.

3. Роботизация промышленности уменьшит кадровый голод // Российская газета. 2025 №29(9568). – URL: <https://rg.ru/2025/02/11/reg-szfo/robotizaciia-promyshlennosti-umenshit-kadrovyy-golod.html>.

Внедрение инноваций индустрии 5.0 в аэрокосмическую промышленность и их влияние на экономику

Борисова В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

В настоящее время концепция Индустрии 5.0 и связанные с ней инновации начинают активно интегрироваться в аэрокосмическую промышленность. Это влияние охватывает не только производственные процессы, но и оказывает значительное воздействие на экономическую сферу. Пятая промышленная революция основывается на принципе возвращения человеческого труда в производственные цеха и его кооперации с автоматизированными системами. Многие компании уже начали внедрять подобные подходы в свои производственные циклы. В данной работе рассматриваются конкретные примеры таких внедрений, их особенности, а также потенциальное влияние на экономику.

Одним из ключевых направлений внедрения Индустрии 5.0 в аэрокосмической отрасли является сборка компонентов летательных аппаратов с использованием гибридных систем, где участвуют как человек, так и машины. Автоматизация процессов позволяет повысить точность и скорость выполнения операций. Синергия достигается за счет распределения задач: машины выполняют рутинные и базовые операции, в то время как человеческий труд задействуется на этапах, требующих гибкости, креативности и принятия нестандартных решений. Такой подход также способствует снижению риска травматизма на производстве.

Аналогичные принципы могут быть применены в процессе технического обслуживания и ремонта летательных аппаратов. Роботизированные системы способны выполнять монотонные или опасные задачи, такие как инспекция корпуса или ремонт сложных узлов. Системы, оснащенные искусственным интеллектом, могут анализировать данные, полученные с датчиков, а инженеры — интерпретировать эту информацию и принимать стратегические решения.

Внедрение технологий Индустрии 5.0 в аэрокосмическую отрасль имеет как положительные, так и отрицательные последствия для экономики. С одной стороны, автоматизация может привести к сокращению рабочих мест, связанных с выполнением рутинных операций, которые будут переданы машинам. С другой стороны, появятся новые рабочие места, связанные с обслуживанием, программированием и управлением роботизированными системами.

Для успешной реализации принципов Индустрии 5.0 требуется не только технологическая модернизация, но и трансформация производственной культуры, подходов к обучению персонала и управлению человеческими ресурсами. Важным аспектом станет поддержка исследовательских и образовательных инициатив, направленных на подготовку специалистов, способных эффективно взаимодействовать с новыми технологиями. Кроме того, необходимо детальное изучение долгосрочных экономических последствий таких внедрений, включая анализ изменений на рынке труда и перераспределение ресурсов.

Список используемых источников:

1. Бай К., Далласега, П., Орзес, Г. и Саркис, Дж. Оценка технологий индустрии 4.0: перспектива устойчивого развития. Международный журнал экономики производства. Том 229, 2020. С. 167-199.
2. Мезина Н.А., Студников П.Е., Шкарубо С.Н. «Влияние промышленной революции на экономическое развитие страны. Путь от индустрии 1.0. к индустрии 5.0», Бюллетень социально-экономических и гуманитарных исследований», номер 22 (24), 2024, стр. 46-53.
3. Тью Б., Стефан Ван Б., Эрик К. Четвертая промышленная революция и бизнес. Как конкурировать и развиваться в эпоху сингулярности Альпина Паблишер 2019.
4. Шваб Клаус, Дэвис Николас. Технологии Четвертой промышленной революции, Бомбора, 2022.

Искусственный интеллект в кибербезопасности предприятия

Воронцов А.М.

Научный руководитель — д.э.н. Нехрест-Бобкова А.А.

МАИ, Москва

Информационная безопасность становится одним из ключевых факторов устойчивости бизнеса в условиях цифровой трансформации. Масштабные кибератаки, утечки данных и внедрение вредоносного ПО наносят значительный экономический ущерб компаниям, снижая их рыночную стоимость, подрывая доверие клиентов и инвесторов, а также вызывая многомиллионные убытки, связанные с восстановлением инфраструктуры и судебными разбирательствами. По данным исследований Лаборатории Касперского, только за последние годы крупные предприятия теряли сотни миллионов долларов из-за атак на их ИТ-инфраструктуру, а для малых и средних компаний такие инциденты нередко оказывались фатальными.

В связи с этим возрастает интерес к использованию искусственного интеллекта (ИИ) как инструмента для автоматизированного выявления угроз и защиты корпоративных систем. Применение технологий машинного обучения позволяет значительно повысить эффективность обнаружения атак за счёт анализа аномалий в трафике, выявления подозрительных действий пользователей и предиктивного моделирования потенциальных угроз. Одним из наиболее успешных примеров является использование алгоритмов ИИ для обнаружения атак нулевого дня, которые невозможно распознать традиционными антивирусными средствами.

Ключевыми направлениями внедрения ИИ в кибербезопасность являются автоматический анализ логов и сетевой активности, интеллектуальная фильтрация вредоносного контента в корпоративной почте, а также мониторинг поведения сотрудников с целью предотвращения атак, основанных на социальной инженерии. Реальные кейсы показывают, что компании, использующие ИИ-решения в сфере киберзащиты, сокращают среднее время обнаружения угроз с нескольких недель до нескольких часов, что существенно снижает экономические потери и репутационные риски.

Помимо защиты информации, системы на основе ИИ играют важную роль в оценке последствий киберинцидентов. Анализ исторических данных о прошлых атаках и их финансовых последствий позволяет бизнесу точнее рассчитывать возможные убытки, определять приоритетные направления инвестиций в безопасность и разрабатывать стратегии управления рисками. Кроме того, использование ИИ в моделировании финансовых последствий кибератак способствует более точному расчету страховых премий при киберстраховании, что делает данный инструмент защиты бизнеса более доступным и эффективным.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в кибербезопасности не только повышает уровень защиты данных, но и оказывает значительное влияние на экономические показатели предприятия. Современные технологии машинного обучения помогают минимизировать ущерб от кибератак, снижая финансовые риски и повышая доверие к компании со стороны клиентов, партнеров и инвесторов.

Список используемых источников:

1. Искусственный интеллект в информационной безопасности: повышаем эффективность и прибыльность бизнеса // Официальный сайт Habr // [Электронный доступ] // <https://habr.com/ru/companies/gazprombank/articles/854894>.

2. Искусственный интеллект и машинное обучение в кибербезопасности – прогноз на будущее // Официальный сайт Kaspersky // [Электронный доступ] // <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/ai-cybersecurity?ysclid=m7jitrxtu0255543408>.

3. Как искусственный интеллект повышает кибербезопасность // Официальный сайт rbc.ru // [] // <https://www.rbc.ru/neweconomy/news/6554cc119a79477fa20d3dda?ysclid=m7jivbui6t43855507>.

4. КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА // Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН // [Электронный доступ]

Анализ применения грузовых БАС на примере Почты России

Габов С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Исаева С.Ю.

МАИ, Москва

Целью данной работы является проведение анализа применения грузовых БАС на примере Почты России, а также сравнение финансовых расходов при применении БАС и альтернативного ВС для определения экономической эффективности БАС при определенных параметрах перевозки. Также на основе проведенного анализа сформированы требования и рекомендации для эффективной эксплуатации БАС.

Для проведения анализа был исследован опыт применения БАС-200 компанией «Почта России» в 2023 году на маршруте Салехард-Лабытнанги. После проведения исследования были определены следующие детали: для грузовой перевозки применялся БАС-200; БАС был доставлен в транспортном контейнере на прицепе у автомобиля; ответственными за грузоперевозку были 2 человека: внешний пилот и оператор целевой нагрузки; управление БАС осуществлялось с наземной станции управления (НСУ); взлет и посадка осуществлялись с неподготовленной для ВС местности.

На основании проведенного анализа эксплуатации БАС были выделены основные статьи расходов при его применении: стоимость БАС (на основе проведенного анализа цен на зарубежные БАС вертолетного типа и формирования зависимости цены и грузоподъемности); стоимость наземной станции управления; стоимость транспортного контейнера; стоимость расходного топлива; стоимость прицепа для транспортировки БАС; заработная плата внешнего пилота и оператора целевой нагрузки; стоимость аренды автомобиля для транспортировки БАС; стоимость хранения БАС; стоимость технического обслуживания и ремонта БАС и его компонентов.

Представленные расходы стали основой при расчете стоимости летного часа воздушного судна БАС-200.

Для проведения анализа экономической эффективности и сравнения финансовых расходов при эксплуатации был взят вертолет Ми-8-МТВ. Стоимость летного часа Ми-8-МТВ с учетом эксплуатации в Ямало-Ненецком регионе составляет около 215 тыс.руб/л.ч.

Эффективные подходы к управлению предприятиями авиационной отрасли в условиях цифровизации

Ем Е.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

В современном мире, характеризующемся стремительной цифровой трансформацией, авиационная отрасль сталкивается с необходимостью быстрой адаптации к новым реалиям и технологиям для повышения безопасности, эффективности и поддержания конкурентоспособности. Управление предприятиями авиационной отрасли в условиях цифровизации – сложная и многогранная задача, требующая переосмысления традиционных подходов.

Применение передовых технологических инструментов расширяет возможности оптимизации бизнес-процессов, повышения качества взаимодействия с клиентами и безопасности полетов, а также снижения затрат. В работе будут рассмотрены основные аспекты эффективного менеджмента в авиационной отрасли в условиях цифровизации, а также проанализированы наиболее перспективные подходы и инструменты, позволяющие авиакомпаниям успешно функционировать в рамках глобального рынка.

Во-первых, предприятиям необходимо цифровизировать процессы. Например, применение аналитических инструментов для понимания поведения потребителей, оптимизация взаимодействия пользователей с помощью веб-сайтов и мобильных

приложений, а также внедрение новых технологий, таких как ИИ (искусственный интеллект), ML (машинное обучение) и автоматизированные системы управления контентом. Внедрение современных технологий и методов помогает авиакомпаниям повысить точность выполнения задач, улучшить взаимодействие отделов и снизить издержки благодаря рациональному использованию ресурсов.

Формирование сетей и координация между участниками инновационного процесса, которые являются ключевыми механизмами содействия разработке и внедрению инноваций, также эффективны в современных реалиях. Это взаимодействие включает в себя совместную деятельность организаций, таких как образовательные учреждения, исследовательские центры и промышленные предприятия, которая необходима для достижения общих целей и решения согласованных задач. Это помогает оптимизировать использование ресурсов, повысить качество коммуникации и увеличить конкурентные преимущества.

В-третьих, в условиях быстро растущей конкуренции в отрасли важно качество и управление рисками. Строгое соблюдение этапов бизнес-процессов и санкции за нарушение правил являются ключевыми для управления авиационной отраслью, где каждая деталь важна для обеспечения безопасности и эффективности авиаперевозок. Система контроллинга необходима для тщательного и качественного управления рисками, а также для получения своевременной информации о текущем финансовом положении компании. Элементами системы контроля рисков являются внедрение системы управления воздушными маршрутами и их реестра, обновление парка воздушных судов, регулярные курсы повышения квалификации персонала и мониторинг реализации ИТ-стратегии.

С управленческой точки зрения необходимо разработать программу инновационного развития авиационной отрасли, отвечающую потребностям внутреннего рынка в новых самолетах и сохраняющую статус России как мировой авиационной державы. Важно учитывать важность создания перспективных конструкций самолетов и двигателей, а также развития производственного, конструкторского и исследовательского потенциала авиации. Система менеджмента качества включает в себя: формирование политики в области качества, основанной на стратегических целях, структурирование системы показателей эффективности на всех уровнях управления, а также использование технологий для контроля за соблюдением требований и достижением установленных показателей. Важно распределение ролей, полномочий и ответственности за качество на всех уровнях организации, а также формирование корпоративной модели качества, учитывающей интересы общества в области безопасности полетов и устойчивого развития.

Таким образом, эффективное управление авиапредприятиями в условиях цифровизации требует комплексного подхода, охватывающего оптимизацию бизнес-процессов, создание сетей, управление рисками и внедрение инноваций. Успешное применение цифровых технологий позволяет авиакомпаниям повышать операционную эффективность, уровень удовлетворенности клиентов, поддерживать безопасность полетов и укреплять свои конкурентные позиции на мировом рынке. Ключевым фактором успеха является активное взаимодействие и координация между участниками инновационного процесса.

Список используемых источников:

1. Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика [Текст] : материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Вып. 3 / Государственный университет управления. – М. : Издательский дом ГУУ, 2017. – 369 с. (дата обращения: 01.02.2025 г.).

2. Статья «Управление бизнес процессами на воздушном транспорте»: Интернет-ресурс – URL: <https://apptask.ru/blog/upravlenie-biznes-processami-na-vozhdusnom-transporte> (дата обращения: 03.02.2025 г.).

3. «Менеджмент качества в авиационной, космической и оборонной отраслях промышленности: разработка и внедрение и развитие СМК в соответствии с требованиями EN 9100»: Интернет-ресурс – URL: <https://centr-prioritet.ru/3438> (дата обращения: 07.02.2025 г.).

Влияние киберрисков на стоимость высокотехнологичных стартапов

Захарова А.А., Савина Ю.К.

Научный руководитель — к.э.н. Нехрест-Бобкова А.А.

МАИ, Москва

Высотехнологичные стартапы играют ключевую роль в инновационном развитии экономики, однако их стоимость и инвестиционная привлекательность во многом зависят от уровня кибербезопасности. Уязвимости в ИТ-инфраструктуре могут привести к утечке конфиденциальных данных, нарушению бизнес-процессов и репутационным потерям, что, в свою очередь, снижает доверие инвесторов и может негативно сказаться на оценке стоимости компании [2].

Целью данной работы является анализ киберрисков на финансовую оценку высокотехнологичных стартапов и выявление способов их минимизации.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование методов учета киберугроз при финансовой оценке стартапов.
2. Анализ влияния киберугроз на рыночную стоимость стартапов.
3. Оценка роли киберстрахования как механизма управления рисками.

В последние годы наблюдается рост количества кибератак на высокотехнологичные компании [1], что приводит к прямым (финансовые потери, штрафы, затраты на восстановление) и косвенным убыткам (потеря доверия клиентов, снижение конкурентоспособности). Анализ показал, что ключевые факторы, влияющие на оценку стоимости стартапов в контексте киберугроз, включают:

- Оценку уязвимостей и угроз – наличие слабых мест в ИТ-инфраструктуре повышает риск атак и снижает инвестиционную привлекательность.
- Моделирование финансовых последствий киберинцидентов – использование Loss of Revenue Model для прогнозирования потенциальных убытков.
- Затраты на восстановление после атак – расходы на ликвидацию последствий инцидента учитываются при оценке стоимости компании.

Одним из подходов минимизации негативных последствий киберугроз является киберстрахование, которое не только снижает финансовую нагрузку на компанию, но и обеспечивает инвесторам уверенность в стабильности бизнеса. Выделены три ключевых механизма, через которые киберстрахование влияет на оценку стоимости стартапов:

1. Финансовая защита от рисков – покрытие расходов, связанных с утечкой данных, простоями сервисов и судебными издержками.
2. Аудит кибербезопасности – страховые компании проводят независимую оценку защищенности ИТ-инфраструктуры, что повышает доверие инвесторов.
3. Снижение репутационных рисков – демонстрация ответственного подхода к информационной безопасности повышает инвестиционную привлекательность стартапа.

Следовательно, уровень кибербезопасности существенно сказывается на стоимости высокотехнологичных стартапов. Компании, внедряющие механизмы оценки киберрисков и использующие инструменты защиты, такие как киберстрахование, имеют более высокий уровень инвестиционной привлекательности.

Для минимизации рисков рекомендуется:

- Интеграция механизмов оценки киберугроз в финансовые модели стартапов.
- Использование инструментов моделирования убытков и резервирования средств.
- Внедрение киберстрахования как дополнительного фактора защиты инвестиций.

Список используемых источников:

1. Догучаева С. М. Анализ современных проблем информационной безопасности в российских компаниях / С. М. Догучаева // Риск: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2022 – № 2. – С.65-68.
2. Ефремов Н. А. Процессы информатизации экономики и информационная безопасность / Н. А. Ефремов, Т. В. Мужжавлева // Экономика и предпринимательство. – 2023. С. 287-294.

Влияние глобальных экономических кризисов на международное сотрудничество в авиационно-космической отрасли

Зуева В.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Глобальные экономические кризисы оказывают значительное влияние на международное сотрудничество в авиационно-космической отрасли, создавая как вызовы, так и возможности для адаптации. Странам необходимо находить новые пути для совместной работы и преодоления трудностей, чтобы поддерживать устойчивое развитие этой ключевой области.

Можно выделить несколько аспектов влияния на международное сотрудничество в авиационно-космической отрасли во время кризиса:

1. Сокращение государственных бюджетов. В условиях экономического кризиса правительства часто пересматривают свои бюджеты, что может привести к сокращению финансирования для космических программ и проектов. Также основные средства могут быть перераспределены на более актуальные социальные нужды, такие как здравоохранение и образование, что снижает доступные ресурсы для авиационно-космической отрасли.

2. Изменение стратегических приоритетов. Страны могут сосредоточиться на решении внутренних экономических и социальных проблем, что приводит к снижению интереса к международным проектам и сотрудничеству. В условиях кризиса акцент может сместиться с долгосрочных космических целей на краткосрочные экономические выгоды.

3. Увеличение конкурентной борьбы. В условиях кризиса страны могут стремиться развивать собственные технологии, что ведет к уменьшению международного сотрудничества и увеличению конкуренции между государствами. Да и в принципе, некоторые страны могут принять изоляционистские меры, что ограничивает обмен знаниями и технологиями.

4. Геополитические факторы. Экономические кризисы могут усугубить геополитическую напряженность, что негативно сказывается на международном сотрудничестве. Кризисы могут привести к переосмыслению международных альянсов и партнерств в авиационно-космической сфере.

5. Влияние на кадровый потенциал. Экономические кризисы могут привести к сокращению рабочих мест в авиационно-космической отрасли, что негативно сказывается на квалифицированных кадрах. А также это может привести к миграции специалистов: профессионалы могут искать возможности за границей, что может привести к утечке и снижению конкурентоспособности стран.

Список используемых источников:

1. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года — [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <http://static.government.ru/media/files/PqzpRfozEf6AY4iMiUGkmcWlraXAMbd1.pdf> (Дата обращения: 16.02.2025).

2. Грищенко И.А., Агаева Э.М. Осуществление международных космических полетов в условиях кризиса. — [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osuschestvlenie-mezhdunarodnyh-kosmicheskikh-poletov-v-usloviyah-krizisa> (Дата обращения: 16.02.2025).

Управление трудозатратами на ремонт авиационной техники

Иванов Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Современный характер использования авиационной техники приводит к ее существенному усложнению, а, в случае ее ремонта к повышению трудозатрат.

В процессе эксплуатации авиационной техники возникают различные отказы, неисправности и повреждения, определяющие постоянную потребность в ремонте

авиационной техники [1]. При этом потребность в ремонте боевой авиационной техники резко возрастает при применении ее в боевых условиях.

Увеличение трудоемкости ремонтных работ при одновременном требовании сокращения сроков их выполнения в боевых условиях вызывает необходимость балансирования между сроком выполнения и стоимостью ремонта. Поэтому этапы и критерии выбора варианта ремонта авиационной техники, по мнению автора в мирное время (как боевой, так и гражданской) и при проведении боевых действий будут отличаться.

Так при устранении повреждений, полученных при использовании авиационной техники в мирное время критерием принятия решений в задачах выбора методов организации ремонта выступает критерий минимума общих затрат, в том числе и трудовых затрат.

При ведении боевых действий, необходимость учета оперативного фактора, приобретает решающее значение, поэтому критерием эффективности ремонта будет являться время ремонта, которое определяет боеготовность боевых летательных аппаратов.

Классификация трудозатрат на ремонт авиационной техники по видам затрат практически совпадает с общепринятой классификацией и носит универсальный характер.

Косвенные трудовые затраты включают в себя управленческие расходы по материально-техническому обеспечению ремонтных работ.

Прямые трудовые затраты ремонта можно разделить на следующие виды:

- затраты труда на поиск повреждения или неисправности;
- затраты труда на демонтаж неисправленного элемента (агрегата);
- затраты труда на устранение неисправностей;
- затраты труда на монтаж нового или отремонтированного элемента (агрегата);
- затраты труда на проверку функционирования агрегата после устранения неисправности.

Как показывает практика, в структуре трудозатрат на ремонт боевой авиационной техники наибольший удельный вес приходится на трудовые затраты по поиску неисправностей, в среднем более 40%.

Для снижения трудозатрат на отыскание неисправного элемента, современная теория предлагает разнообразные методы [2,3,4].

Автором были проанализированы современные методы поиска с точки зрения их достоинств и недостатков при ремонте авиационной техники.

Выполненный анализ позволил сделать выводы, какие методы поиска неисправностей целесообразно использовать для ремонта авиационной техники, используемой в мирное время и при ведении боевых действий.

Значительный резерв снижения трудозатрат на ремонт БАТ можно получить за счет устранения времени ожидания запасных частей на основе оптимизации их запасов с использованием методов АВС–анализ, XYZ–анализ.

В качестве методов поиска резервов снижения трудозатрат на ремонт авиационной техники автором предлагается также использовать методы функционально-стоимостного анализа и оптимизации последовательности и взаимосвязи ремонтных работ на основе сетевых моделей.

Таким образом, представленные результаты исследования могут выступать теоретической основой поиска и обоснования резервов снижения трудовых затрат на восстановление авиационной техники не только для боевой, но и для гражданской авиации.

Список используемых источников:

1. О.В. Перфильев, С.Г. Рыжаков Экспертная система анализа причин неисправностей для авиационной техники// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 18, № 4(3), 2016 с. 564-570
2. Гусев Е. В., Родченко В. В. Разработка модели выявления неисправностей в процессе проведения технического обслуживания систем летательных аппаратов //Сибирский аэрокосмический журнал. – 2021. – Т. 22. – №. 4. – С. 638-648.
3. Лукасов В. В., Кацура А. В. Применение вероятностных методов распознавания при поиске неисправностей систем и агрегатов летательных аппаратов //Научный вестник

Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2008. – №. 127. – С. 71-76.

4. Yurin A. Y., Kotlov Y. V., Popov V. M. The conception of an intelligent system for troubleshooting an aircraft //CEUR Workshop Proceedings. – 2021. – С. 42-48.

Управление запасами в рамках системы управления материальными ресурсами авиационного предприятия: оптимизация и контроль

Кайбелева В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Актуальность работы обусловлена высокой стоимостью содержания запасов в авиационной отрасли (авиазапчасти, расходные материалы, инструменты), прямым влиянием эффективности управления запасами на бесперебойность работы предприятия, безопасность полетов и финансовые показатели, а также ужесточением требований к поддержанию летной годности воздушных судов.

Настоящее исследование направлено на выявление и изучение методов оптимизации управления и контроля запасов в системе управления материально-техническим обеспечением авиапредприятия.

Стремясь к достижению цели исследования, автор сфокусировался на рассмотрении таких вопросов как:

1. Авиационная отрасль: каковы ключевые особенности управления запасами?
2. Какие ключевые факторы определяют объем запасов на авиационном предприятии?
3. Какие методы оптимизации и контроля запасов существуют и насколько они применимы в авиации?
4. Какие конкретные шаги можно предпринять для улучшения системы управления запасами авиакомпаний?

Авиационное предприятие – сложный организм, бесперебойная работа которого зависит от множества факторов, и одним из ключевых является эффективное управление материальными ресурсами (МР). В частности, управление запасами занимает центральное место в этой системе, поскольку напрямую влияет на операционную эффективность, финансовую стабильность и безопасность полетов. Недостаток нужных материалов может привести к простоям воздушных судов (ВС), задержкам рейсов и, как следствие, к значительным убыткам. Чрезмерные запасы, в свою очередь, замораживают оборотные средства, увеличивают затраты на хранение и могут привести к устареванию материалов. Поэтому, оптимизация и контроль запасов – жизненно важная задача для любого авиационного предприятия.

Оптимизация управления и контроля запасам и предприятия, безусловно, является важным фактором для обеспечения бесперебойной работы и конкурентоспособности авиационной отрасли. Оптимизация и контроль запасов позволяют снизить затраты, повысить операционную эффективность и обеспечить безопасность полетов. Внедрение современных технологий и методов управления являются ключом к построению эффективной и надежной системы управления запасами в авиационной отрасли. Совершенствование процессов управления запасами – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и адаптации к меняющимся условиям рынка.

Список используемых источников:

1. Герасимов, К.Б. Управление запасами предприятия / Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России: сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 01 июля – 01 2015 года/Под редакцией Д.А. Новикова. Том Выпуск 10. – Самара 2015. – С. 112-119. – EDN ULWWP.

2. Кайбелева, В. Р. Эффективное управление материальными ресурсами как инструмент повышения конкурентоспособности авиационной промышленности и технологической независимости в период импортозамещения / В. Р. Кайбелева, Н. А. Мезина // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 2. – С. 32-36. – EDN HPVMMQR.

Специфика GR-взаимодействия в организациях аэрокосмической отрасли

Козаев Р.И., Бежанова К.А.

Научный руководитель — к.пол.н. Ильина Ю.И.

РАНХиГС, Москва

GR — это деятельность, направленная на построение конструктивного диалога между организациями и государственными структурами. Её цель — продвижение интересов бизнеса и формирование благоприятной среды для развития. В авиакосмической отрасли, где пересекаются стратегическая значимость, высокие технологии и жёсткое государственное регулирование, GR приобретает особую роль. Это не просто инструмент лоббирования, а комплексный механизм, который помогает компаниям адаптироваться к динамичным политическим, экономическим и технологическим вызовам.

Авиакосмическая отрасль существует в условиях строгого регулирования. Международные стандарты безопасности, такие как ICAO и FAA, требуют обязательной сертификации техники, что замедляет вывод новых продуктов на рынок. GR-специалисты здесь выступают посредниками, лоббируя адаптацию нормативов без ущерба для безопасности. Например, упрощение процедур сертификации спутниковых систем может ускорить их внедрение, сохраняя при этом требования к надёжности.

Важным аспектом остаются госзакупки и оборонные контракты. Тесная связь с военно-промышленным комплексом обязывает компании соблюдать жёсткие правила compliance. GR-команды обеспечивают прозрачность участия в тендерах, таких как разработка ракет-носителей или создание спутниковых группировок. Это требует не только юридической экспертизы, но и глубокого понимания политических процессов.

Международное сотрудничество — ещё одна зона ответственности GR. Глобальные проекты, такие как МКС, требуют согласования интересов множества стран. Однако экспортный контроль, вынуждает компании балансировать между коммерцией и политикой. Например, приостановка сотрудничества с ЕКА по проекту ExoMars в 2022 году показала, как быстро геополитика может изменить траекторию научных инициатив.

GR в авиакосмической отрасли решает три основные задачи. Во-первых, это мониторинг законодательства: отслеживание изменений в законах, таких как поправки в Закон РФ «О космической деятельности», вступившие в силу в 2023 году. Во-вторых, анализ политической среды, включая оценку рисков санкций и разрыва международных соглашений. В-третьих, создание коалиций — объединение усилий с другими игроками для лоббирования общих интересов, как это происходит в рамках совместных проектов с Китаем.

Среди инструментов GR выделяются лоббизм, который позволяет напрямую влиять на решения регуляторов, прогнозирование проблем, таких как ужесточение экспортного контроля. Отдельную роль играет взаимодействие с государственными структурами, например, согласование стратегий с Роскосмосом. Стратегический подход здесь становится ключевым.

Правовую основу деятельности в России определяет Закон «О космической деятельности», который закрепляет приоритеты: научные исследования, спутниковую связь и дистанционное зондирование Земли. Последнее направление особенно важно для экологического мониторинга и метеорологии, но сталкивается с проблемами. Устаревшая система бюджетного финансирования, при которой данные ДЗЗ предоставляются госорганам бесплатно, снижает коммерческую мотивацию операторов.

Несмотря на политическую обстановку, Россия сохраняет участие в международных проектах. Например, продолжает обеспечивать транспортные миссии на МКС, а обмен метеоданными с EUMETSAT, хотя и в сокращённом объёме, остаётся каналом взаимодействия с Западом. Однако смещение фокуса на сотрудничество с Китаем стало

ответом на изоляцию. Совместный проект МЛНС, где Россия отвечает за системы посадки, а Китай — за технологии связи, демонстрирует попытку создать альтернативу западным программам вроде Artemis.

Сфера дистанционного зондирования Земли, критически важна для мониторинга климата и управления ресурсами, сталкивается с институциональными барьерами. Национальная космическая инфраструктура (НКИ ДЗЗ) объединяет разрозненные элементы, но отсутствие рычагов влияния у потребителей данных (например, МЧС или Минприроды) на их качество и своевременность тормозит развитие. Реформа финансирования, включая переход к платным услугам для госорганов, могла бы стимулировать операторов, таких как Роскосмос, повышать эффективность.

По итогам 2023 года запуски спутников ДЗЗ в 2023 году подтвердили лидерство Китая (119 аппаратов) и США (103). Россия, запустившая 9 спутников, отстает не только из-за технологических сложностей, но и из-за бюрократических барьеров.

В заключении, следует отметить, что отрасли — это искусство баланса между политикой, технологиями и бизнесом. Успех зависит от способности предвидеть изменения в регулировании, выстраивать альянсы и адаптироваться к глобальным вызовам. Для России ключевыми направлениями остаются углубление сотрудничества с Китаем, модернизация подходов к ДЗЗ и преодоление зависимости от устаревших моделей финансирования. В условиях санкций и технологической конкуренции именно GR становится тем мостом, который соединяет амбиции отрасли с реальностью государственного управления.

Список используемых источников:

1. Роскосмос (Государственная корпорация по космической деятельности): <https://roscosmos.ru>.
2. Задачи космической отрасли <https://www.hse.ru/news/community/76584545.html?ysclid=m7ndg3o5ua571474578>.
3. Позиции России на мировом рынке космической продукции и услуг <https://cyberleninka.ru/article/n/pozitsii-rossii-na-mirovom-rynke-kosmicheskoy-produktsii-i-uslug>.
4. РФНФ <https://rscf.ru/project/22-73-10011/>.

Анализ применения гибких методологий управления проектами в ведущих компаниях гражданской авиации

Краснов Д.К.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Сушко О.П.

МГТУ ГА, Москва

Большинство компаний в авиатранспортной отрасли используют классический метод управления проектами, именуемый каскадным. В связи с тем, что авиационные проекты характеризуются высокой степенью сложности и многоаспектностью, необходима тщательная координация, интеграция инновационных решений и учет интересов всех заинтересованных сторон. К числу участников таких проектов относятся авиакомпании, аэропорты, государственные органы, производители, поставщики, подрядчики и конечные пользователи, каждый из которых преследует собственные цели и сталкивается с определенными ограничениями. Реализация авиационных проектов сопряжена с множеством технических, эксплуатационных, финансовых, экологических и социальных факторов, таких как безопасность, качество, эффективность, ценообразование, сроки реализации, риски, устойчивость и удовлетворенность клиентов. Для успешной реализации авиационных проектов необходим гибкий подход, позволяющий эффективно управлять сложностями и достигать поставленных целей. Поэтому ведущие авиакомпании и авиапредприятия России стали активно внедрять гибкие методологии для управления проектами. Такими компаниями являются «Аэрофлот» и Московский аэропорт «Домодедово». В соответствии с Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации в ПАО «Аэрофлот» была поставлена задача сформировать эффективную современную систему управления в области науки, технологий и инноваций, при этом одним из мероприятий для реализации этой задачи было выбрано внедрение принципов проектного

управления, методик Agile и SCRUM. Что и было реализовано, ведь в паспорте программы инновационного развития было отмечено, что в ПАО «Аэрофлот» успешно внедрены и реализуются принципы проектного управления. Затрагивая стандарты и инструменты в проектном офисе ПАО «Аэрофлот» можно выделить ряд преимуществ. Главный нормативный документ по управлению проектами в аэрофлоте – собственный стандарт СТО ИТ 30.13 «Информационные технологии. Стандарт по управлению проектами», который был создан на основе РМБОК – своду знаний по проектному менеджменту. Основной инструмент проектного офиса – автоматизированная информационная система поддержки реализации инициатив. При поддержке проектного офиса в ПАО «Аэрофлот» были реализованы следующие проекты:

- разработка и внедрение чата и чат-бота на сайте компании «Аэрофлот» и в ее мобильном приложении;
- проекты по замещению импортного ПО отечественными аналогами, такие как: перевод информационной системы «Корпоративный архив документов» на отечественное ПО, создание и ввод в эксплуатацию «Электронный портфель пилота» – импортозамещенное ПО;
- переход из зарубежной системы SAP ERP в отечественный программный продукт 1С.

В свою очередь на этапе планирования находится создание цифрового аватара Группы Аэрофлот.

Позитивные изменения происходят и в «Домодедово», где применяются такие методологии проектного менеджмента, как Agile и Scrum. Поскольку эти методологии играют важную роль в течение всего жизненного цикла проекта, они способствуют реализации следующих проектов: проект по импортозамещению базы данных операционной деятельности аэропорта (AODB), проект модернизации парковок и введения автоматизированной парковочной системы, разработка и внедрение приложения для удаленной работы сотрудников, проект по созданию системы мониторинга исполнителей, разработка и ввод в эксплуатацию системы автоматизированной обработки багажа.

Существуют другие инновационные подходы сочетания классической и адаптивной методологий для создания гибридной модели управления проектами на предприятии авиационного двигателестроения. Гибридный подход к управлению проектами способствует повышению эффективности реализации проектов за счет обеспечения большей гибкости, адаптивности и качества принимаемых управленческих решений. Основные характеристики гибридной методологии: высокая приспособляемость, итеративный подход, улучшение взаимодействия, внедрение принципов непрерывного совершенствования процессов и методов работы.

Представленные примеры внедрения гибких и гибридной методологий управления проектами подтверждают их существенное влияние на функционирование организаций в сфере гражданской авиации.

Список используемых источников:

1. Паспорт программы инновационного развития Группы Аэрофлот – URL: https://www.aeroflot.ru/media/afifiles/media/strategy/2023/pasport_pir_2023.pdf (дата обращения – 27.02.2024).
2. Один из самых масштабных проектов внедрения ГК ADVANTA за 17 лет: кейс компании «Аэрофлот» – URL: <https://www.advanta-group.ru/clients/success-stories/odin-iz-samyh-masstabnyh-proektov-vnedreniya-gk-advanta-za-17-let-kejs-kompanii-aeroflot/>.
3. Домодедово Интегрейшн. Системный интегратор. IT-решения для авиационного бизнеса. Domodedovo Integration – URL: <https://di.dme.ru/sitemap/>.

Направления развития самолетостроения с учетом ориентации на региональные авиатранспортные системы

Куренкова Е.О.

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

НИТУ МИСИС, Москва

В свете растущей потребности в осуществлении свободного передвижения в труднодоступные территории, региональная авиация Российской Федерации является важным элементом развития транспортной инфраструктуры страны.

Развитие научных разработок в гражданской авиации вызвано столкновением входящих запросов:

1. Требования к характеристикам воздушных судов.

2. Достижимые характеристики воздушных судов.

Можно выделить следующие цели и показатели, обозначив их по степени важности:

1. Показатели совершенства технологий, а именно совершенство характеристик отдельных элементов воздушных судов (ВС) и технологий.

2. Показатели совершенства продукции и процессов, а именно совершенствование характеристик ВС.

3. Показатели достижения национальных целей, а именно генеральные цели развития авиатранспортной отрасли.

Стоит рассмотреть государственную программу - Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли РФ до 2030 года в качестве документа стратегического развития. Ключевыми целями данной государственной программы являются внедрение современных самолетов, развитие маршрутной сети, модернизация региональных аэропортов, строительство новых аэропортов [1].

Также, при конкретизации целей, заявленных в стратегии «Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» основной задачей является обеспечение территориальной целостности и транспортно-экономической связанности страны. Стратегия учитывает положения отраслевых документов стратегического планирования смежных отраслей и меж функциональных документов стратегического планирования. Комбинируя данные цели, стоит отметить, что необходимо направить силы на обеспечение авиатранспортной связанности регионов РФ, тем самым повысив мобильность населения.

Рассмотрев перечень субъектов Российской Федерации Министерства экономического развития, можно выделить более 24 субъектов с круглогодичной и периодической труднодоступностью. Стоит отметить, что данные территории являются площадками функционирования основных предприятий нефтегазовой отрасли. Однако труднодоступность является барьером для непрерывного осуществления деятельности. Соответственно в разрезе их роли в отдалённых регионах России с учётом экономического вклада в социальную инфраструктуру и формировании стратегии устойчивого развития территорий присутствия является проблемой.

Отсутствие воздушных судов с соответствующими техническими характеристиками, а также неразвитая маршрутная сеть, являются главными предпосылками ограниченной мобильности населения и присвоение 2/3 территории Российской Федерации статуса – «труднодоступная территория» [3]. Создание региональных ВС с параллельным развитием маршрутной региональной системы РФ решит проблему труднодоступности и связанности разрыва территорий страны. Учитывая территориальную и социально-экономическую специфику, следует рассмотреть турбовинтовой самолет «Ладога», разрабатываемый Уралским заводом гражданской авиации.

Самолет разрабатывается с учётом особенностей эксплуатации в труднодоступных регионах с суровыми климатическими условиями. Имеет высокое расположение крыла и призван занять лидирующие позиции в классе российских региональных самолетов емкостью 44 пассажирских кресел.

Таким образом, можно рассмотреть основным направлением развития самолетостроения, для региональных авиатранспортных системы, выпуск турбовинтовых самолетов типа «Ладога».

Список используемых источников:

1. Степаненко, Е. В. Трансформация авиалиний для внутреннего рынка Российской Федерации / Е. В. Степаненко, А. С. Воскресенская, В. И. Гречишкина // Вестник транспорта Поволжья. – 2024. – № 2(104). – С. 61-69. – EDN QTDWDP.
2. Болът, А. С. Организация пассажирских мультимодальных перевозок в современных условиях / А. С. Болът, П. С. Болът, А. В. Власова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 11. – С. 3-11. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-11-1. – EDN TLYIPK.
3. Фридлянд, А. А. Алгоритм оценки авиационной транспортной доступности регионов России / А. А. Фридлянд, М. М. Гязова, В. А. Меланин // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2024. – № 46. – С. 115-122. – EDN OJRHAO.

Трансформация менеджмента в эпоху искусственного интеллекта: вызовы и возможности

Ловцова Ю.Д.

Научный руководитель — Солодова А.Д.

МАИ, Москва

Современный мир стремительно меняется, и искусственный интеллект (ИИ) уже давно перестал быть технологией из области фантастики. Сегодня ИИ проникает в разные сферы бизнеса. Для менеджеров ИИ открывает новые горизонты в сборе, анализе и интерпретации данных, принятии стратегических решений и автоматизации рутинных процессов. Трансформация менеджмента в эпоху ИИ представляет собой как новые возможности, так и серьезные вызовы.

ИИ предоставляет большие возможности в сфере менеджмента, такие как: Автоматизация рутинных задач, помогает в освобождении менеджеров от операционной работы, позволяя им сосредоточиться на стратегических вопросах; улучшение принятия решений, поскольку ИИ предоставляет доступ к аналитике больших данных, помогая принимать более обоснованные и эффективные решения; повышение эффективности бизнес-процессов, включая оптимизация цепочек поставок, управление ресурсами, прогнозирование спроса и т.д.; персонализированный подход к управлению персоналом — ИИ помогает в подборе, обучении и мотивации сотрудников, учитывая их индивидуальные особенности; развитие новых бизнес-моделей, поскольку ИИ открывает возможности для создания инновационных продуктов и услуг.

Однако, искусственный интеллект в сфере менеджмента имеет также ряд сложностей и вызовов, таких как необходимость адаптации навыков менеджеров, этические вопросы использования ИИ, инвестиции в технологии и обучение, сопротивление изменениям со стороны персонала: необходимость подготовки сотрудников к работе с новыми технологиями и изменениям в бизнес-процессах, сложность интеграции ИИ в существующие системы, обеспечение безопасности данных и др.

Трансформация менеджмента в эпоху ИИ – это неизбежный процесс. Успех внедрения ИИ зависит от готовности компаний адаптироваться к новым условиям, инвестировать в технологии и развивать компетенции своих сотрудников. ИИ не заменит менеджеров полностью, но изменит их роль, сделав ее более стратегической и ориентированной на развитие человеческого капитала. Но помимо всего перечисленного выше, менеджеры научатся более глубокому аналитическому мышлению и работе с данными, умению работать с ИИ-системами, стратегическому видению и адаптивности, а также раскрытию компании с новой стороны благодаря ресурсам, что предоставляет искусственный интеллект.

Список используемых источников:

1. Искусственный интеллект в менеджменте. [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <https://sovman.ru/article/top/tekhnologii-upravleniya/tsifrovoye-upravleniye/iskusstvennyy-intellekt-v-menedzhmente/> [дата обращения 30.01.2025].

2. 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> [дата обращения 30.01.2025].

3. Леонтьева Е.Ю., Морозова И.А., Леонтьев А.Н., Сметанина А.И., Сметанин А.С. // Искусственный интеллект в менеджменте: возможности и ограничения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 10А. С. 658-667. DOI: 10.34670/AR.2023.77.89.085, [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2023-10/d16-leonteva.pdf> [дата обращения 05.02.2025].

Экономическая эффективность методов контроля информационной безопасности: ограничение утечек корпоративной информации через автоматизированную фильтрацию вложений

Ломакина А.Д.

Научный руководитель — к.э.н. Нехрест-Бобкова А.А.

МАИ, Москва

В эпоху цифровизации компании сталкиваются с рисками утечки конфиденциальной информации. Одним из каналов несанкционированного распространения данных остается электронная почта, т.к. она является основным инструментом деловой коммуникации. Особое внимание следует уделить передаче информации, имеющей статус ограниченного доступа. Например, информация, помеченная как «для служебного пользования» (ДСП), требует особых мер предосторожности. Строгие правила передачи которой устанавливает приказ Росстандарта от 6 октября 2021 года № 2207 устанавливает строгие правила передачи такой информации и акцентирует необходимость внедрения автоматизированных систем контроля для предотвращения возможных утечек [1]. Однако, несмотря на существующие политики безопасности, сотрудники могут по неосторожности или преднамеренно отправлять файлы, содержащие критически важную информацию. В этой связи автоматизированные системы контроля и фильтрации вложений приобретают ключевое значение.

Предложенное исследование описывает различные методы автоматизации контроля над информационными потоками. Среди предложенных решений — технологии, сочетающие анализ текстового содержания файлов с применением компьютерного зрения и нейронных сетей. Эти подходы позволяют эффективно выявлять наличие скрытых водяных знаков, которые часто используются для защиты интеллектуальной собственности и предотвращения несанкционированного копирования.

Существуют различные варианты контроля вложений электронной почты. Наиболее распространенный способ — это написание макросов на VBA, которые автоматически проверяют файлы перед их отправкой. Такие макросы позволяют отслеживать содержание текстовых документов и отменять операцию отправки, если в тексте обнаружены запрещённые ключевые слова или фразы. Макросы на VBA являются простым и эффективным инструментом для автоматизации действий в Microsoft Outlook. Особый скрипт перехватывает событие отправки письма и последовательно проходит по каждому вложению, проверяя его имя на наличие строки "ДСП". Если такая строка найдена, операция отправки прерывается, а пользователю выводится соответствующее сообщение.

Альтернативным подходом является создание дополнения на Python с использованием библиотеки 'pywin32'. Эта библиотека позволяет управлять различными объектами Windows API, включая приложения семейства Microsoft Office. Здесь сценарий подключается к объекту 'Outlook.Application' и создаёт новое письмо. Затем происходит проверка каждого вложения на наличие запрещённой фразы в имени файла. Если такая фраза обнаруживается, отправка письма отменяется.

Тем не менее, существующие методы имеют ряд ограничений. Во-первых, они не учитывают возможность сокрытия информации в изображениях или документах с водяными знаками. Во-вторых, сотрудники могут легко обойти подобные фильтры, заменив запрещённые фразы синонимами или транслитерацией. Таким образом, возникает необходимость в разработке более сложных механизмов контроля, для реализации которых предлагается использование нейронных сетей [3].

Для повышения точности и надёжности выявления скрытой информации предлагается использовать нейросетевые модели. Нейросети способны анализировать изображения комплексно, что делает их более эффективными в обнаружении водяных знаков и других скрытых элементов [2]. Наиболее оптимальным является использование сверточных нейросетей (CNN) для детекции водяных знаков на изображениях и PDF-документах. Алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Обучение модели на датасете с изображениями, содержащими водяные знаки «ДСП».
2. Классификацию входных вложений и выявление скрытых отметок.
3. Применение механизмов принятия решений, таких как блокировка отправки файла или уведомление службы безопасности.

Автоматизированные системы контроля вложений электронной почты уменьшают потребность в дорогостоящих расследованиях и внутреннем аудите, снижают экономические потери от утечек конфиденциальной информации, предотвращая ущерб репутации компании, повышая продуктивность сотрудников, минимизируя риск штрафов и судебных разбирательств, а также снижая расходы на обучение благодаря однократному внедрению системы автоматической фильтрации [4]. Таким образом, внедрение автоматизированных систем контроля вложений становится экономически оправданным решением, способствующим значительному сокращению финансовых и репутационных рисков.

Предложенное решение демонстрирует значительную экономическую выгоду благодаря снижению затрат на расследования инцидентов, минимизацию репутационных рисков и повышение общей производительности сотрудников.

Список используемых источников:

1. Приказ Росстандарта от 06.10.2021 № 2207 «Об упорядочении обращения со служебной информацией ограниченного распространения в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии и его территориальных органах».
2. Козлов А.А. Информационная безопасность в современном мире // Вестник Московского университета МВД России. 2018. № 3. С. 14-18.
3. Зубарев Ю.М., Рябухин М.Н. Информационная безопасность: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2019. 240 с.
4. Батурин Ю.М. Компьютерная преступность и информационная безопасность. М.: Юридическая литература, 2017. 456 с.

Использование облачных технологий, Big Data и искусственного интеллекта для поддержки принятия управленческих решений

Лунев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

В эпоху цифровой трансформации и стремительного увеличения объемов данных современные компании вынуждены внедрять передовые технологии для повышения эффективности управления. Такие инструменты, как облачные решения, Big Data и искусственный интеллект (ИИ), играют важную роль в обработке значительных массивов информации, анализе сложных процессов и содействии в принятии решений. В данной работе исследуются возможности использования этих технологий в управленческой деятельности, их преимущества и потенциальные трудности, а также предлагаются практические рекомендации по их интеграции.

Современный бизнес функционирует в условиях высокой динамичности, глобальной конкуренции и информационной насыщенности. Управленческие решения, принимаемые в таких условиях, требуют оперативности, точности и обоснованности. Традиционные методы анализа данных и управления уже не справляются с объемами и сложностью информации. В этой связи облачные технологии, Big Data и искусственный интеллект становятся незаменимыми инструментами для поддержки принятия решений. Они позволяют не только обрабатывать большие объемы данных, но и прогнозировать тенденции, оптимизировать процессы и минимизировать риски.

Облачные технологии предоставляют организациям уникальную возможность использовать удаленные вычислительные ресурсы, масштабируемые системы хранения данных и широкий спектр программных решений, доступ к которым осуществляется через интернет. Их использование позволяет сократить затраты на IT-инфраструктуру, обеспечить гибкость и масштабируемость бизнес-процессов, а также улучшить доступ к данным и их обработку в режиме реального времени. Для управленческой деятельности облачные платформы, такие как AWS, Microsoft Azure и Google Cloud, предоставляют инструменты для анализа данных, управления проектами и совместной работы. Это особенно важно для распределенных команд и организаций с филиалами в разных регионах.

Big Data представляет собой набор технологий, предназначенных для обработки и анализа огромных массивов данных, которые могут быть как структурированными, так и неструктурированными. Их применение в управлении позволяет анализировать поведение клиентов, рыночные тренды и конкурентную среду, выявлять скрытые закономерности и корреляции, а также оптимизировать бизнес-процессы на основе данных. Например, с помощью Big Data компании могут прогнозировать спрос, оптимизировать цепочки поставок и персонализировать предложения для клиентов. Тем не менее, для успешного применения технологий Big Data требуются значительные вычислительные мощности и высококвалифицированные кадры.

Искусственный интеллект позволяет не только автоматизировать ряд процессов, но и проводить более глубокий анализ информации с наименьшими временными затратами. Среди ключевых применений ИИ в управлении — прогнозирование, где ИИ-алгоритмы, такие как машинное обучение, позволяют строить точные прогнозы на основе исторических данных. Искусственный интеллект позволяет автоматизировать выполнение повседневных задач, включая обработку запросов, анализ документации и создание отчетов. Кроме того, системы на основе ИИ предоставляют рекомендации, основанные на анализе данных и сценариев, что значительно упрощает процесс принятия решений. Примером может служить использование ИИ в финансовом анализе, где алгоритмы помогают оценивать риски и оптимизировать инвестиционные портфели.

Преимущества внедрения этих технологий очевидны: повышение точности и скорости принятия решений, снижение затрат за счет автоматизации и улучшение конкурентоспособности организации. Однако, не менее, возникают и определенные трудности, включая потребность в инвестициях в инфраструктуру и подготовку кадров, риски, связанные с защитой данных, а также этические аспекты применения технологий искусственного интеллекта и Big Data.

Для успешного внедрения облачных технологий, Big Data и ИИ рекомендуется провести аудит существующих процессов и определить ключевые области для оптимизации, выбрать подходящие платформы и инструменты с учетом специфики бизнеса, обеспечить обучение сотрудников и привлечь экспертов в области данных, разработать стратегию управления данными и обеспечения их безопасности, а также постепенно внедрять технологии, начиная с пилотных проектов.

Список используемых источников:

1. Васильева, И.С. Эффективные методы и модели принятия управленческих решений // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2018 – № 3 – С. 13-15.
2. Голов Р.С. Инновационно-синергетическое развитие промышленных организаций (теория и методология) / Р.С. Голов, А.В. Мыльник – 3-е изд. – М., ИТК «Дашков и Ко», 2021.

3. Звягинцева, О.С. Совершенствование процесса принятия управленческих решений в организации / Звягинцева О.С., Кенина Д.С., Черникова Л.И., Исаенко А.П. // Российский экономический интернет-журнал. – 2018 – №2. – С.30-40.

4. Пронин А. Ю., Менеджмент устойчивого развития инновационно-активных предприятий в современных условиях цифровой трансформации Экономика и управление в машиностроении. 2024. № 4.

Создание инфраструктуры технического обслуживания и ремонта авиационной техники в условиях санкционных ограничений

Майстренко А.С.

Научный руководитель — доцент, Степаненко А.С.

МГТУ ГА, Москва

Исходя из санкционных ограничений возникает проблема в области технического обслуживания и ремонта авиационной техники. В частности, встает вопрос недостатка инфраструктуры для технического обслуживания (ТО) и ремонта компонентов воздушных судов типа "RRJ-95", "SJ-100", "МС-21" и "Ту-214"; обеспечение бесперебойной эксплуатации ВС и развитие ремонтной базы для новых типов самолетов.

В условиях санкционных ограничений со стороны иностранных производителей авиационной техники, включая приостановку поставок, ремонта и технической поддержки просматривается необходимость локализации ремонта компонентов на территории РФ для обеспечения эксплуатации ВС типа "RRJ-95" [1, 2].

Предлагается развитие компетенций по ремонту компонентов с использованием обратного инжиниринга и импортозамещения [3].

Результатами реализации предложенного проекта станет организация участков ТО и ремонта комплектующих изделий на территории РФ и оснащение производственных мощностей Авиационно-технического комплекса (АТК) необходимым оборудованием, инструментами и средствами наземного обслуживания (СНО). Что в свою очередь поможет решить вопросы развития инфраструктуры технического обслуживания и ремонта авиационной техники в условиях санкционных ограничений.

В феврале 2022 г. все иностранные поставщики, компоненты которых входят в типовую конструкцию самолета RRJ-95, уведомили ПАО «Яковлев» о полной приостановке взаимодействия. Под ограничение попали: поставки, ремонт оригинальных комплектующих изделий, конструкторское сопровождение, предоставление рекомендаций, обновление технической документации и т.д.

ПАО «Яковлев» незамедлительно отреагировало на данный вызов и уже в марте 2022 г. совместно с предприятиями промышленности Российской Федерации инициировало работу по разработке мероприятий, целью которых является создание условий для локализации ремонта импортных комплектующих на территории Российской Федерации.

Был определен перечень изделий, насчитывающий порядка 900 позиций, для обслуживания которых требуются решения в части конструкторского сопровождения, локализации ремонта или разработки альтернативных изделий и их производства на территории Российской Федерации. Организация ремонта компонентов требует наличия эксплуатационной документации, стендов, оборудования, инструмента и обученного персонала.

Путем обратного инжиниринга компоненты российские разработчики и производители стендового оборудования проводят работы по созданию контрольно-проверочной аппаратуры, универсального стендового оборудования и инструментов, необходимых для выполнения операций по ТО компонентов ВС.

Список используемых источников:

1. Степанов, А. В. К вопросу о проблемах авиакомпаний России, обусловленных разрывом отношений с разработчиками воздушных судов иностранного производства / А. В. Степанов // Наука, технологии и инновации: стратегии развития в современном мире :

сборник статей II Международной научно-практической конференции, Москва, 23 апреля 2024 года. – Москва: Издательство «Доброе слово и Ко», 2024. – С. 105-111.

2. Степанов, А. В. Кадровый дефицит инженерно-технического персонала в гражданской авиации / А. В. Степанов // Человек. Социум. Общество. – 2024. – № 6. – С. 178-182. – EDN SGSDSDG.

3. Большедворская, Л. Г. Принципы формирования профиля компетенций ключевых профессий поставщика авиационных услуг / Л. Г. Большедворская, Е. В. Степаненко // Молодежь и будущая Россия : Материалы IV Всероссийской конференции, Москва, 09–10 октября 2024 года. – Москва: Издательский дом «УМЦ», 2025. – С. 126-130. – EDN LPSFYZ.

ESG-принципы в высокотехнологичных предприятиях: разработка методики внедрения

Максимова Н.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Комарова Н.В.

МАИ, Москва

В условиях усиливающегося внимания к устойчивому развитию и принципам ESG (экологическим, социальным и управленческим аспектам) особую значимость приобретает переосмысление подходов к их внедрению с учетом специфики высокотехнологичных производственных компаний. Исследование направлено на выявление действенных механизмов и ограничений, с которыми сталкиваются предприятия при интеграции ESG-стратегий, а также на создание новой модели их применения, адаптированной к особенностям высокотехнологичных отраслей. В качестве предмета анализа выбран российский машиностроительный сектор, а конкретно — деятельность двух крупных игроков: ПАО «ОАК» (Объединенная авиастроительная корпорация) и АО «ТМХ» (Трансмашхолдинг), с использованием данных которых проводится изучение текущего уровня освоения ESG-подходов.

Сравнительный анализ выявил различия в приоритетах компаний: ПАО «ОАК» активно работает над привлечением молодых специалистов и совершенствованием программ поддержки сотрудников, тогда как АО «ТМХ» сосредотачивается на экологических инициативах, таких как минимизация выбросов углерода и развитие систем утилизации отходов. Была проведена оценка степени зрелости их корпоративных практик в области ESG, а также определены текущие результаты их работы в этом направлении на основе стандартов, принятых международными рейтинговыми агентствами.

Полученные данные указывают на то, что обе компании находятся на начальной стадии формирования устойчивых практик, сталкиваясь с рядом вызовов: ограниченный охват мероприятий в рамках ESG, отсутствие активного взаимодействия между отраслевыми игроками и недостаточная открытость в предоставлении данных. На основе этих выводов разработана принципиально новая методика последовательного внедрения ESG-принципов, созданная с учетом уникальных характеристик высокотехнологичного машиностроения. Этот подход нацелен на укрепление экологической стабильности, усиление социальной ответственности и модернизацию управленческих процессов, что в перспективе позволяет повысить производственную эффективность и укрепить позиции компаний на мировой арене.

Список используемых источников:

1. Биджу А.В.Н., Кодият С., Джа К., Кришна П.П.Н., ESG-настроения и различия в ESG-оценках: предложение структуры для ESG-рейтинга / Г. Шрилекшми // SN Business & Economics. – 2023. – Том 3, №12. – С. 209.

2. Годовые отчёты АО «ТМХ» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=4426&type=2&utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f, [Дата обращения 10.02.2025].

3. Годовые отчёты ПАО «ОАК» [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=11433&type=2>, [Дата обращения 10.02.2025].

4. Задедюрина, Е.К. Комплексный подход к внедрению ESG-критериев в стратегию компании // Индустриальная экономика, 2023. №4. С. – 171-180.

Глобальные тенденции и конкурентоспособность в аэрокосмической отрасли

Муреева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Аэрокосмическая отрасль сегодня становится одним из самых динамично развивающихся секторов экономики, отражая изменения глобального технологического ландшафта и степень интеграции мировых рынков. Современные тенденции определяются стремлением к инновациям, цифровой трансформации, экологической устойчивости, а также активной ролью государства и международных соглашений, что в совокупности формирует конкурентные преимущества ведущих компаний.

Развитие аэрокосмической индустрии связано с расширением сотрудничества между странами, что позволяет объединять опыт научных центров, инвестировать в перспективные технологии и ускорять процессы сертификации новых продуктов. Международные альянсы (такие как COSPAR) помогают не только делиться технологиями, но и снижать производственные затраты за счет синергии при совместном выполнении сложных проектов. Такой подход способствует появлению новых рынков и созданию глобальных цепочек поставок, где каждый участник получает возможность усилить свою позицию на мировом рынке.

Одним из ключевых направлений является цифровизация всего производственного цикла. Применение технологий искусственного интеллекта, анализа больших данных и роботизации открывает новые горизонты в проектировании, испытаниях и эксплуатации летательных аппаратов. Электронные модели и цифровые двойники позволяют оптимизировать процессы разработки, сокращать временные затраты и снижать затраты на исследования. Такой подход обеспечивает гибкость в производстве и высокую адаптивность к форс-мажорным обстоятельствам, что особенно актуально в условиях динамично изменяющейся рыночной среды.

Не менее значимым аспектом является переход на новые экономические модели, ориентированные на экологическую устойчивость и энергоэффективность. Жесткие мировые стандарты в области экологии требуют разработки технологий, способных минимизировать углеродный след производства и эксплуатации аэрокосмических систем. Использование легких композитных материалов, альтернативных источников энергии и эффективных систем рекуперации тепла становятся важными элементами стратегии крупных производителей. Совмещение экономической эффективности с заботой об окружающей среде позволяет завоевывать доверие инвесторов и клиентов, стремящихся к устойчивому развитию.

Государственная поддержка и регулирование играют решающую роль в формировании конкурентного поля. Меры по стимулированию инвестиций, проведение совместных научных программ и создание специализированных образовательных центров способствуют формированию кадрового потенциала, способного отвечать вызовам глобального рынка. Государственные субсидии и налоговые льготы для инновационных проектов создают условия для быстрого прототипирования и внедрения передовых технологических решений, повышающих международную конкурентоспособность компаний.

На фоне усиливающейся конкуренции в мире, аэрокосмическая отрасль демонстрирует пример успешной синергии между государственными институтами, частным сектором и международными организациями. Развитие отрасли становится стратегическим направлением для национальных экономик, стимулирующим научно-технический прогресс, создающим рабочие места и обеспечивающим технологическое лидерство. Системный подход к инвестициям, инновациям и устойчивому развитию позволяет формировать не только конкурентные продукты, но и гибкие модели управления, способные адаптироваться к новым вызовам и тенденциям мирового рынка.

Таким образом, глобальные тенденции в аэрокосмической отрасли свидетельствуют о необходимости интегрированного подхода, объединяющего достижения цифровых технологий, экологические инновации и эффективное сотрудничество на международном уровне. С учетом динамики развития и постоянных изменений в мировой экономике, конкурентоспособность в данном секторе определяется скоростью внедрения инноваций, адаптивностью бизнес-моделей и способностью реагировать на современные вызовы, что является фундаментальным фактором для обеспечения будущего лидерства на глобальной арене.

Список используемых источников:

1. Гапоненко, О. В. Основные направления развития прорывных технологий в космической деятельности России и проблемы их разработки и внедрения // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2019. – № 6 (90). – С. 1-13. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-6-1893.
2. Криштофор, А. П. Изменение конкурентных позиций России на мировом рынке космической продукции // Вестник университета. – 2019. – № 5. – С. 86-92.
3. Савельева, М. В., Горидько, Н. П. Россия на мировом рынке космических пусковых услуг: конкурентоспособность и экономическая безопасность // Друковский вестник. – 2018. – № 3. – С. 163-175. DOI: 10.17213/2312-6469-2018-3-163-175.
4. Железняков, А. Б. Космическая деятельность стран мира в 2019 году (Двадцать первый ежегодный обзор). – СПб., 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/itogi_2019.pdf (дата обращения: 23.01.2025).

Эффективность ТРИЗ в решении управленческих задач на высокотехнологичных предприятиях

Мурунов Ф.Д.

Научный руководитель — Латыпов Э.Р.
МАИ, Москва

1. Основные принципы ТРИЗ и их применимость в управлении

ТРИЗ основана на системном подходе к решению задач, который включает выявление и устранение противоречий, использование ресурсов и применение универсальных принципов решения проблем. В контексте управления высокотехнологичными предприятиями ключевые принципы ТРИЗ могут быть интерпретированы следующим образом:

Выявление противоречий: Управленческие задачи часто связаны с конфликтами между различными целями, такими как снижение затрат и повышение качества продукции. ТРИЗ предлагает методы для нахождения компромиссов или устранения противоречий.

Использование ресурсов: ТРИЗ акцентирует внимание на максимальном использовании имеющихся ресурсов, что особенно важно для предприятий с ограниченными бюджетами.

Принцип идеальности: В управлении это означает стремление к достижению максимального результата при минимальных затратах.

2. Применение ТРИЗ в управлении высокотехнологичными предприятиями

2.1. Оптимизация процессов принятия решений

На высокотехнологичных предприятиях решения часто принимаются в условиях неопределенности и ограниченной информации. ТРИЗ предлагает инструменты для структурирования проблем, такие как функционально-стоимостный анализ и метод противоречий, которые позволяют выявить ключевые факторы и предложить оптимальные решения.

2.2. Управление инновациями

ТРИЗ может быть использована для систематизации процесса генерации и внедрения инноваций. Например, метод «идеального конечного результата» помогает определить наиболее перспективные направления развития, а алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) позволяет структурировать процесс поиска новых решений.

2.3. Преодоление организационных противоречий

Высокотехнологичные предприятия часто сталкиваются с противоречиями между различными отделами или целями. ТРИЗ предлагает методы для разрешения таких конфликтов, включая разделение противоречий во времени, пространстве или условиях.

3. Преимущества и ограничения ТРИЗ в управлении

Список используемых источников:

1. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Генрих Альтшуллер. – 5-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2017. (Серия «Искусство думать»). ISBN 978-5-9614-2189-7.

2. Кудрявцев А.В. «ТРИЗ. Практика применения и развитие методических инструментов» Сборник докладов IX международной конференции «ТРИЗ. Практика применения и развития методических инструментов». Москва 10-11 ноября 2017 года. Том I «Инструменты постклассической ТРИЗ».

3. А.А. Гин, А.В. Кудрявцев, В.Ю. Бубенцов, А. Серединский «теория решения изобретательских задач» Учебное пособие I уровня, © АНО содействия инновациям «ТРИЗ-профи», 2012.

4. Саунин Н.Е., Фоменко А.Ю. Решение изобретательских задач — новая неотъемлемая функция корпорации // Труды конференции «Саммит разработчиков ТРИЗ — 2019» (Минск, 13–15 июня 2019 года). — Минск, Беларусь, 2019. — URL: <https://triz-summit.ru/file.php/id/f304831-file-original.pdf> (дата обращения: 07.02.2025).

Процесс обратной связи от потребителей, направленный на улучшение качества продукции

Мухин М.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Левина Т.А.

Московский Политех, Москва

В настоящее время важно обеспечивать качество и практическую применимость обратной связи от потребителей, поскольку она играет важнейшую роль в принятии управленческих решений и улучшении качества продуктов. Обратная связь от потребителей является неотъемлемой частью исследований, а также процессов, направленных на улучшение продукции, где требуется понять тренды желаний потребителей. Однако, для того чтобы результаты анализа обратной связи от потребителей были действительно ценными, необходимо обеспечить их высокое качество [1].

Обратная связь служит основой для адаптации организаций к меняющимся условиям рынка. Получая информацию от клиентов, партнёров и сотрудников, компании могут оперативно реагировать на изменения спроса, предпочтения потребителей и конкурентную среду. Это позволяет корректировать стратегии, продукты и услуги, обеспечивая устойчивое развитие и конкурентоспособность [2].

Для сохранения высокого уровня конкурентоспособности, а также пребывания организаций «в тренде» у потребителей, данные организации должны соответствовать текущим желаниям потребителей, также стараться их превосходить, нацелившись на будущее. Для достижения данной цели можно напрямую «слушать» потребителя, то есть периодически собирать обратную связь [3].

Чтобы эффективно собирать, анализировать и применять результаты анализа обратной связи можно использовать следующий процесс, состоящий из 4 этапов:

Этап 1. Провести анкетирование в удобной (онлайн и/или офлайн) форме.

Этап 2. Задokumentировать полученные результаты анкетирования.

Этап 3. Провести анализ полученной информации.

Этап 4. Улучшить продукцию, услуги или процессы на основе фактов проведенного анализа.

Результаты анализа обратной связи играют важную роль в управлении улучшением качества продукции. Они позволяют выявлять проблемы и недостатки в продуктах, а также определять области для улучшения. Компании, активно использующие обратную связь,

могут оперативно реагировать на жалобы и предложения клиентов, что способствует повышению удовлетворённости и лояльности.

На основе результатов анализа обратной связи организации могут принимать более обоснованные экономические решения. Анализ данных о предпочтениях и поведении клиентов помогает определить наиболее перспективные направления для инвестиций, разработки новых продуктов и услуг, а также оптимизации существующих процессов. Это способствует повышению эффективности использования ресурсов и достижению стратегических целей.

Данный процесс является цикличным, как и PDCA, но необходимо определить периодичность повторения данного процесса. На определение периодичности могут влиять различные условия в зависимости от цикла производства продукции или времени предоставления услуг, возможно, что периодичность может отличаться от потребителя к потребителю, но в любом случае стоит определить конкретные сроки для повторения процесса.

Результаты анализа обратной связи являются неотъемлемым элементом успешного управления в современном бизнесе. Они влияют на принятие экономических решений, позволяя компаниям адаптироваться к изменениям рынка и оптимизировать процессы. Кроме того, они способствуют улучшению управления качеством продукции, помогая выявлять проблемы и возможности для развития. В условиях высокой конкуренции и динамичности рынка активное использование результатов анализа обратной связи становится необходимым условием для достижения успеха и устойчивого развития организаций.

Список используемых источников:

1. Иванова Татьяна Виталиевна Улучшение уровня конкурентоспособности организации как фактор удовлетворения потребителя // Вестник УлГТУ. 2010. №1 (49).
2. Жулькова Юлия Николаевна, Забавина Екатерина Андреевна, Хазанова Вероника Валерьевна, Биндюкова Александра Павловна, Шамина Екатерина Максимовна Механизм взаимодействия предприятия с потребителями посредством обратной связи: анкетирование // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2020. №2 (44).
3. Галеев Р. В. Механизм повышения эффективности маркетинговой политики в деятельности предприятия мясной индустрии // Московский экономический журнал. 2022. №11.

Риск-ориентированное мышление в управлении качеством аэрокосмических предприятий

Насырова К.А., Тришина С.А.

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

МАИ, Москва

Риск-ориентированное мышление – это систематический подход к управлению, при котором выявление, оценка и управление рисками и возможностями встроены в каждый процесс и решение, направленные на обеспечение безопасности, надежности и соответствия строгим требованиям.

В рамках системы менеджмента качества, риск-ориентированное мышление предполагает не только строгое соблюдение стандартов, но и предупреждение критических событий и реализацию позитивных событий. Оно становится фундаментальным принципом, определяющим, например, проектирование, учитывающее риски, связанные с надежностью, безопасностью и производительностью на самых ранних этапах разработки, или производство, предупреждающее возникновение дефектов, минимизирующее отклонения от спецификаций и обеспечивающее строгую прослеживаемость материалов и компонентов.

В системе менеджмента качества риск-ориентированное мышление играет значительную роль. Данный подход обеспечивает приоритетное внимание к рискам, связанным с безопасностью полетов и наземного персонала. Риск-ориентированное мышление помогает выявлять потенциальные опасности и разрабатывать эффективные меры по их

предотвращению. Также риск-ориентированное мышление способствует повышению надежности продукции и процессов, что критически важно для аэрокосмической техники и создает основу для непрерывного совершенствования системы управления качеством и повышения ее эффективности.

Организации аэрокосмического комплекса реализуют свою деятельность в соответствии с ГОСТ Р 58876-2020. Аэрокосмическая техника – это технически сложные изделия, применяемые чаще всего для перевозок пассажиров, что является потенциально опасным. Исходя из этого риск-ориентированное мышление является необходимым в контексте аэрокосмических предприятий.

При реализации риск-ориентированного мышления в аэрокосмической отрасли, организации сталкиваются с проблемой выбора методологии оценки рисков. Для анализа и оценки потенциальных рисков существует ряд методов, выбор которых зависит от детальности процесса проработки проблемного вопроса. В процессе выбора наиболее подходящего метода можно использовать ГОСТ Р МЭК 31010- 2021. Полноценный процесс оценки риска может быть реализован с помощью нескольких методов: исследование опасности и работоспособности (HAZOP), анализ видов и последствий отказов (FMEA).

FMEA – это проактивный и систематический метод индуктивного анализа. Целью FMEA является определение критичных видов отказов, представляющих наибольшую угрозу, и принятие мер для их предотвращения или смягчения последствий. Подходит для анализа отдельных компонентов, систем или процессов на этапе проектирования или производства, когда необходимо выявить потенциальные виды отказов и определить способы их предотвращения. FMEA особенно полезен для улучшения надежности отдельных компонентов или узлов.

HAZOP – это структурированный и систематический метод качественного анализа. Он используется для идентификации опасностей и проблем работоспособности в процессах, системах или установках. HAZOP основан на использовании управляющих слов (например, «больше», «меньше», «нет», «обратный») для систематического рассмотрения отклонений от нормальных условий эксплуатации. Это позволяет исследовать потенциальные сценарии, которые могут привести к опасным или нежелательным последствиям. Подходит для анализа сложных технологических процессов, систем или установок, когда необходимо выявить опасности, связанные с отклонениями от нормальных условий эксплуатации. HAZOP особенно полезен для обеспечения безопасности и надежности производственных процессов, а также для идентификации потенциальных проблем на этапе проектирования крупных систем.

Выбор подходящей методологии оценки рисков и ее правильное применение являются ключевыми факторами обеспечения безопасности и надежности в аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р МЭК 31010-2021 Надежность в технике. Методы оценки риска. М.: Российский институт стандартизации, 2021.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2020-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 20 с.
3. Борисова, Е.В. Управление рисками научных проектов : учебное пособие / Е.В. Борисова; МАИ (нац. исслед. ун-т). – Москва : МАИ, 2022. – 85 с.

Анализ процесса цифровизации бухгалтерского учёта в разрезе профессиональных программ: SAP, 1С-ЭДО, СБИС, Контур.Диалог
Невечеря В.Л.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Бурдина А.А.
МАИ, Москва

В современном быстро меняющемся и при этом быстро усложняющемся бизнес-пространстве растет спрос на программы, упрощающие такой нетомлёный процесс для

любой организации как ведение бухгалтерского учета. Между тем, бурное развитие информационных технологий предлагает множество решений [1]. К примеру, «Фирма 1С» предлагает такие продукты как: 1С Бухгалтерия, 1С ЗУП, 1С УНФ, 1С Документооборот, 1С Розница, 1С Предприятие, 1С ERP, 1С Битрикс и так далее. Продуктами 1С пользуются для сдачи местной отчетности в более чем 25 странах. Логика работы в 1С, создание документа на основе предшествующего документа. При этом, при записи документа формируются одна или несколько проводок. «Компания SAP» предлагает: SAP Business Network, SAP Signavio, SAP Business Technology Platform, CRM- решение, ERP – решение, Управление финансами, HCM – решение и так далее. Как правило в системе SAP ведут и сдают международную отчетность поскольку данная система применяется более чем в 78 странах мира включая Ближний Восток и Африку. Логика работы в SAP это создание отдельных проводок вручную на каждый объект учета или массово для группы объектов. SAP не привязывается к формам документов и способен отражать любые и особенности законодательства страны ведения учета.

Процесс формирования первичной документации в рамках ведения бухгалтерского учета так же трансформируется, под действием цифровизации, в электронный документооборот (ЭДО). СБИС и Контур являются специальными решениями такой трансформации. Они могут быть использованы отдельно, но зачастую применяются как внешняя доработка к используемому 1С или SAP. СБИС работает как система обмена документами, контактами сотрудников тех или иных компаний отлаживая бизнес-процессы. Контур связывает в своем ЭДО компании, обменивающиеся уже готовыми документами, то есть, физ. и юр. лица.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, предложения компаний уже сейчас достаточно обширно охватывают процесс ведения бухгалтерского учета и их предложения постоянно развиваются. В связи с этим выбор идеально подходящего предложения очень сложен. Поэтому цель данной работы: анализ предложений рынка, автоматизирующих бухгалтерский учет. Для высокотехнологичных предприятий

Задачи. Рассмотрение предложений по цифровизации на рынке. Проанализировать получаемый эффект от использования.

На фоне роста и развития вышеупомянутых программ многие были обеспокоены тем, что не будут востребованы. Однако вес высоко квалифицированных кадров на фоне усложнения бизнес-процессов только возрос. Можно сказать, что процесс цифровизации привнес в бухгалтерский учет ускорение, упрощение выполнения рутинных трудовых задач и позволил минимизировать ошибки, вызванные «человеческим фактором». При этом повысилась точность оценки показателей финансового анализа. Повышение прозрачности позволило усовершенствовать подход к формированию стратегии и методологии ведения бизнеса [2].

Теперь перед пользователями, выбирающими лучшие решения цифровизации встает вопрос выбора. Выбор зависит от многих факторов: масштабности, знание бухгалтера возможностей каждой из программ, отрасли и личных предпочтений.

В попытке выбрать лучшее решение, компания может находить предложения продуктов разных компаний более приемлемыми для различных своих процессов. Но важно не отклоняться от исходной идеи упрощения. Переход с одной системы на другую или ведение учета во многих программах одновременно только приведет к усложнению. Кроме того, как правило, программа для ведения бухгалтерского учета выбирается единожды и более не подлежит изменению. Поэтому ее выбор так важен.

Для высокотехнологичного предприятия, кроме обыденных сопутствующих проблем описанных ранее, важно обратить внимание на такие особенности как уникальность производственного и организационного процесса, наличие мультивалютных и международных операций, особенности законодательства и иные отраслевые особенности.

Для себя такие гигант высокотехнологичной авиационной промышленности как: АО «Гражданские самолеты Сухого, ОДК «Салют» и «Сатурн», а также многие другие выбрали для себя ведения учета с использованием 1С.

Из этого можно сделать вывод, что ведение учета для стратегически важных компаний, отчетность которых читаема предназначена для местных органов удобнее вести в 1С.

Список используемых источников:

1. Горенская И. Н., Чернышова А. О. Цифровизация бухгалтерского учета // ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ. – 2022. – С. 61-65.
2. Василенко М. Е., Терновая П. С. Цифровизация в бухгалтерском учете и аудите // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2020. – Т. 9. – №. 3 (32). – С. 354-356.

Актуальные аспекты онлайн-обучения в цифровой экономике

Нестерова А.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

Цифровая экономика требует новых подходов к подготовке кадров, способных работать в условиях быстрой технологической эволюции. Онлайн-обучение становится неотъемлемой частью образовательного процесса, обеспечивая гибкость, доступность и персонализацию. Особенно актуальным этот формат стал в условиях глобальных изменений, связанных с пандемией COVID-19, массовым переходом на удаленную работу и цифровизацией бизнеса.

В современном мире большую популярность набирают онлайн-курсы. Актуальность онлайн-образования заключается в том, что оно дает возможность проходить обучение из разных регионов без дополнительных затрат на проживание, переезд и т.д. Прослушать лекции и выполнить практические задания можно в удобное для студента время, что дает возможность совмещать онлайн-курсы с работой или учебой.

Современные образовательные технологии формируют новые тренды в обучении:

Расширение рынка EdTech – рост инвестиций в образовательные технологии, развитие платформ типа Coursera, Udemy, Skillbox, Нетологии и отечественных аналогов. Персонализация обучения – использование искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных (Big Data) для адаптации курсов под потребности обучающихся. Микрообучение и гибридные модели – короткие форматы (microlearning), геймификация и смешанные подходы (blended learning), сочетающие онлайн- и офлайн-компоненты. Применение AR/VR и симуляторов – виртуальная и дополненная реальность как способ моделирования реальных рабочих процессов.

Несмотря на значительный прогресс, онлайн-обучение сталкивается с рядом вызовов:

Качество образовательного контента – не все онлайн-курсы соответствуют требованиям академического сообщества и работодателей. Мотивация и вовлеченность студентов – высокий уровень отсева в онлайн-обучении требует новых подходов к мотивации.

Цифровое неравенство – разный уровень доступа к интернету и технологиям, особенно в регионах. Кибербезопасность – защита персональных данных студентов и преподавателей, предотвращение мошенничества в ходе онлайн-экзаменов.

Для повышения эффективности онлайн-обучения необходимо учитывать ключевые принципы организации успешных онлайн-курсов. Структурированность контента – четкое деление на тематические модули, логическая последовательность изложения. Интерактивность – использование видеолекций, практических заданий, тестов, симуляторов, элементов геймификации. Персонализация и адаптивность – возможность подстройки учебного процесса под уровень знаний и темп каждого студента. Обратная связь и поддержка – форумы, чаты с преподавателями и кураторами, персональные рекомендации.

Практическая направленность – ориентированность на реальные кейсы, проекты, интеграция с отраслевыми задачами. Интеграция с профессиональной средой – взаимодействие с работодателями, сертификация, стажировки.

Современные профессии требуют новых компетенций. Гибкие цифровые навыки (digital skills) – программирование, анализ данных, кибербезопасность, работа с искусственным интеллектом.

Междисциплинарный подход – сочетание технических, управленческих и soft skills.

Актуальные образовательные программы – интеграция онлайн-курсов с корпоративным обучением, партнерство вузов с технологическими компаниями.

Онлайн-образование становится важным инструментом подготовки специалистов для цифровой экономики. В ближайшие годы ожидается:

- Рост интеграции онлайн-обучения в традиционные образовательные программы.
- Развитие адаптивных платформ с ИИ и персонализированным обучением.
- Усиление сотрудничества бизнеса и образовательных институтов для формирования прикладных курсов.

Для успешного развития онлайн-обучения необходимы комплексные решения: обновление образовательных стандартов, повышение цифровой грамотности преподавателей и студентов, а также развитие инфраструктуры для обеспечения равного доступа к современным технологиям.

Список используемых источников:

1. Гречушкина Н.В. Онлайн-курс: определение и классификация // Высшее образование в России. 2018. <https://cyberleninka.ru/article/n/onlayn-kurs-opredelenie-i-klassifikatsiya> [дата обращения 05.02.2025].

2. Осьмина К.С. Внедрение онлайн-лекции в традиционное образование // Мир науки, культуры, образования. 2019. <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-onlayn-lektsii-v-traditsionnoe-obrazovanie> [дата обращения 05.01.2025].

Методы гибкого планирования в концепции бережливого производства на авиационных предприятиях

Оболенская Е.А., Пономарева В.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Одинокоев С.А.

МАИ, Москва

В настоящее время рынок товаров и услуг достаточно насыщен. Благодаря техническому прогрессу и автоматизации процессов возрастает скорость выхода на рынок новых товаров. В таких условиях компании начинают соревноваться в выводе на рынок нового уникального продукта с целью удержания своей доли рынка и прибыли. В связи с этим решающую роль начинает играть организация и отладка внутренних процессов компании. Наличие общемировой тенденции к наращиванию тактико-технических характеристик образцов авиационной техники приводит к увеличению объёмов и усложнению как производственной структуры, так и структуры этапов по разработке новой или модернизации существующих образцов, для которых характерно наличие потерь. Многие заводы авиационной отрасли уже внедрили и активно используют концепцию бережливого производства, благодаря которой удалось сократить издержки при производстве и нарастить темпы производства. Однако, специфика работы конструкторских бюро отличается от серийных заводов наличием творческой составляющей в процессе разработки прогрессивной авиационной техники и сложностью прогнозирования как промежуточных, так и итоговых результатов опытно-конструкторских работ. Для того, чтобы минимизировать потери и сократить время проектирования при выполнении конструкторских работ, необходимо пересмотреть существующие методики планирования и перейти на более гибкие.

Гибкие методики планирования (или гибкие методологии) представляют собой подходы к управлению проектами и процессами, ориентированные на адаптацию к изменениям и активное вовлечение всех участников. Одними из наиболее известных гибких методик являются Agile, Scrum и Kanban. Краткая характеристика гибких методик планирования:

1. Agile. Это общее название для группы методологий, которые основываются на принципах адаптивного управления. Agile ориентирован на гибкость, быструю реакцию на изменения, раннее выявление ошибок. Основные ценности, которые транслирует методология Agile: люди и взаимодействие важнее процессов и инструментов, рабочий продукт важнее формализованного документооборота, готовность к изменениям ставится в приоритет первоначальному плану.

2. Scrum. Одна из самых популярных методологий Agile, которая разбивает работы в небольшие по длительности циклы (как правило, 2-4 недели), называемые спринтами. Формируется команда проекта, в которой у каждого участника есть своя роль (поле его деятельности). Методика Scrum предполагает проведение регулярных встреч в форме совещаний с целью оценки полученных результатов и определения дальнейших шагов по достижению поставленной цели. Такие встречи позволяют выявлять ошибки и проблемные места проекта, а также быстро реагировать на изменения.

3. Kanban. Эта методология акцентирует внимание на визуализации работы и управлении потоками задач. Для визуализации процессов используются доски (физические или цифровые), на которых задачи перемещаются между различными стадиями («Запланировано», «В работе», «Завершено»). Благодаря визуализации задач Kanban помогает командам контролировать объем работ и выявлять узкие места в процессе.

Адаптивность и гибкость особенно актуальны при выполнении НИР и ОКР в авиастроении по причине малого количества входных данных на первых этапах проектирования самолета во избежание срыва сроков и перерасхода ресурсов по контракту. Задача сводится к тому, чтобы разбить работы первого этапа на короткие спринты с целью быстрого выявления несоответствий и предложения вариантов их решения, а также минимизацию потерь. Под потерями понимаются любые действия, которые добавляют стоимость продукту, но не повышают его ценность.

Таким образом, гибкие методики планирования позволяют участникам проекта быть более адаптивными к изменениям, тем самым повышая эффективность выполнения работы. Это особенно актуально в условиях быстро меняющейся окружающей среды и высоких требований к качеству новых самолетов.

Список используемых источников:

1. Kozinski, O.; Kotyrba, M.; Volna, E. Improving the Production Efficiency Based on Algorithmization of the Planning Process. Appl. Syst. Innov. 2023, 6, 77. <https://doi.org/10.3390/asi6050077>.
2. Proceedings of the 17th Conference on Computer Science and Intelligence Systems, M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki, D. Ślęzak (eds). ACSIS, Vol. 30, pages 883–893 (2022).
3. Bianchi, M.J., Conforto, E.C. and Amaral, D.C. (2021), "Beyond the agile methods: a diagnostic tool to support the development of hybrid models", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 14 No. 5, pp. 1219-1244. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-04-2020-0119>.
4. Кондряков А.Д., Сартори А.В., Марчуков Е.Ю., Соловьева А.В., Чуклинов С.В. Повышение результативности НИР: планирование как инструмент снижения технологического риска при разработке двигателей // Экономика науки. 2024. № 10(3). С. 82–97. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-3-82-97>.

Стратегии улучшения сервиса для авиапассажиров: экономические выгоды и перспективы

Паяниди Я.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Удобство и комфорт потребителя является неотъемлемой частью любой структуры, которая так или иначе работает с людьми, ведь клиенты являются основным источником успехов и падений предприятий. В авиационной отрасли такими клиентами являются авиапассажиры, которые хотят получить максимально комфортные условия за максимально выгодную цену.

В последние годы в нашей стране широко развивается цифровизация, что не могло не затронуть и авиационную промышленность.

Целью работы является выработка нового метода оптимизации работы авиационного предприятия с целью усовершенствования качества обслуживания пассажиров.

В работе рассматриваются современные стратегии улучшения сервиса для авиапассажиров и их влияние на экономические показатели авиакомпаний. Анализируются

ключевые подходы, такие как персонализация обслуживания, цифровизация процессов и повышение комфорта на борту. Особое внимание уделено экономическим выгодам, включая рост лояльности клиентов, увеличение доходов и укрепление репутации бренда. В заключение представлены перспективы развития сервиса в условиях цифровой трансформации и растущих ожиданий пассажиров.

Улучшение сервиса для авиапассажиров является стратегическим приоритетом для авиакомпаний в условиях высокой конкуренции. Экономические выгоды от внедрения таких стратегий включают рост доходов, повышение лояльности клиентов и укрепление репутации бренда. Дальнейшее развитие технологий и персонализация услуг открывают новые перспективы для повышения качества обслуживания и экономической эффективности авиакомпаний.

Список используемых источников:

1. Соколов, О. А. Цифровая трансформация аэропорта / О. А. Соколов, А. Л. Полигаева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 18 (465). — С. 23-25. — URL: <https://moluch.ru/archive/465/102212/> (дата обращения 25.01.2025).
2. <https://habr.com/ru/companies/reksoft/articles/767970/> (дата обращения 25.01.2025).
3. <https://dzen.ru/a/ZC4K0IMyY0Zwt10T> (дата обращения 25.01.2025).
4. Иванов, А. В. (2020). Цифровая трансформация в авиационной отрасли. М.: Издательский дом Высшей школы экономики. (дата обращения 25.01.2025).

Lean и Stage-gate: роль бизнес-процесса «Технологии и производство» в управлении проектами аэрокосмической отрасли

Пономарева В.С., Оболенская Е.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Одинокоев С.А.

МАИ, Москва

В мировой практике при управлении сложными производственными проектами, помимо методологий управления (Stage-gate, Agile и др.), применяют системы оценки уровня готовности технологий и производства (системы Technological / Manufacturing Readiness Level, TRL / MRL соответственно) [1]. Эти системы были созданы в NASA и Министерстве обороны США для более эффективного управления аэрокосмическими проектами, они помогают предвосхищать проблемы, которые потенциально могут возникнуть при переходе от единичного к серийному производству. В 2017 году был выпущен российский аналог системам TRL и MRL – ГОСТ Р 58048-2017 [2]. Примечательно, что и в зарубежных документах, и в отечественных наивысший 10 уровень развития производственной системы характеризуется успешным внедрением практик бережливого производства (Lean), однако ни на каких других уровнях об этом не говорится. Человек, несведущий в Lean, предположит, что заниматься вопросом внедрения практик Lean следует после достижения 9 уровня, но это не так. Как известно, Lean является не столько инструментом, сколько философией, особенным подходом к организации работы компании, а это требует времени. Назревает вопрос – когда и как следует начинать применение Lean при реализации производственных проектов, связанных с серийным выпуском новых продуктов?

Анализ общих принципов управления авиационными программами ОАО «ОАК», который реализует свои проекты в Stage-gate, показал, что на 2 гейте (коих всего 11) разрабатывается концепция производства, на гейте 6 осуществляется изготовление опытных образцов, а на гейте 8 производство выходит на проектную мощность. Аналогичные по содержанию этапы существуют и в системе MRL. Кроме того, если посмотреть на систему MRL через призму подходов Lean [3], то видится возможность предложить новую эффективную модель внедрения практик Lean, которая заключается в эволюционном подходе к развитию концепции производства: концепция создается на ранних этапах проекта с заранее предусмотренными элементами Lean и начинает отрабатываться уже на этапе изготовления опытных образцов. В соответствии с этой идеей предложен способ синхронизации этапов проекта с уровнями готовности производства изделия, включающие в себя постепенную отработку практик Lean.

Важно отметить, что если в состав продукта входит элемент, в котором применяется новая технология, то в бизнес-процессе «Технологии и производство», с точки зрения управления, требуется отслеживать технологическую и производственную готовность данного элемента, чтобы к моменту начала изготовления опытного образца (гейт 5), очевидно, исключить риск получения некачественного продукта из-за нестабильной новой технологии.

Таким образом, результатами проведенного исследования являются:

- подтверждение актуальности темы внедрения практик Lean в ходе реализации производственных проектов;
- модель внедрения практик Lean, заключающаяся в эволюционном подходе развития концепции производства;
- методика разработки концепции поточного производства на раннем этапе инновационного проекта;
- способ синхронизации этапов проекта в Stage-gate с уровнями производственной готовности продукта и технологической готовности элемента продукта на базе новой технологии.

Предлагаемая методика разработки концепции была реализована в двух проектах с космическими аппаратами и проекте с беспилотными летательными аппаратами.

Список используемых источников:

1. DoD Manufacturing Readiness Level: official site. URL: <https://www.dodmrl.org/> (дата обращения 18.02.2025).
2. ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий: нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2017 г. N 2128-ст : введен впервые : дата введения 2018-06-01. // Библиотека нормативной документации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/662/66205.pdf> (дата обращения: 18.02.2025).
3. Tang V., Otto, K.N. Multifunctional Enterprise Readiness: Beyond the Policy of Build-Test-Fix Cyclic Rework // Proceedings of the ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/267488636_Multifunctional_Enterprise_Readiness_Beyond_the_Policy_of_Build-Test-Fix_Cyclic_Rework (дата обращения: 18.02.2025).

Разработка критериев при оценке технологической готовности новых материалов

Прохоров А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хунузиди Е.И.
НИТУ МИСИС, АО «Гиредмет», Москва

Высокотехнологичные предприятия, в том числе в авиационно-космическом комплексе, при разработке продукции сталкиваются с большими сложностями, вызванными, в первую очередь, проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (далее – НИОКР), которые представляют основу всей инновационной деятельности. В 1970-х годах в компании NASA была предложена концепция технологической готовности, которая позволила оценить зрелость технологии на различных этапах жизненного цикла. На её основе разработан международный стандарт ISO 16290:2013, в дальнейшем ставший основой для национальных стандартов во многих странах. В России данное направление регламентируется тремя группами стандартов, одна из которых – «Трансфер технологии» [1], внесенная техническим комитетом 323 «Авиационная техника», является наиболее приближенной к международной системе оценки.

Несмотря на это, отечественная и зарубежная система оценки не позволяет в полной мере оценить готовность новых материалов, которые играют ключевую роль в достижении заявленных характеристик изделия, особенно в авиационно-космическом комплексе, где от качества материалов зависит сохранение работоспособности конечного изделия в экстремальных условиях. Вызвано это, в первую очередь, тем, что материал является

расходным средством к конечному инновационному продукту и может представлять собой самостоятельную технологию, требующую особого способа получения, формирования и нанесения. При этом необходимо учитывать, что для проведения качественных НИОКР требуется наличие уже разработанных материалов на каждом этапе работ, что усложняет понимание достижения уровня готовности.

Особенно важно это при параллельном выполнении работ различными научными организациями. Современные методы оценки, основанные на опросниках и калькуляторах готовности, характеризуются определенной субъективностью и не позволяют согласовывать действия между конструкторским бюро, технологами и непосредственными разработчиками [2].

В этой связи предлагается использовать подход к оценке готовности технологии, основанный на задании градации параметров, разработанной с учетом требований национальных стандартов комплексной системы управления научными исследованиями и разработками [3]. Суть подхода заключается в определении признаков к каждому параметру, который должен быть достигнут для перехода на новый уровень готовности. В случае разработки сложносоставного изделия с использованием нового материала задается новая градация параметров с учетом подобранных признаков в параметре «Функциональное и конструктивное соответствие испытываемой системы реальному изделию». Данное решение позволит повысить объективность оценки и усилит взаимодействие различных групп стандартов, которые на сегодняшний день не согласованы друг с другом.

Таким образом разработанный подход к оценке готовности технологии создания новых материалов, основанный на использовании градации параметров, позволяет существенно повысить точность, объективность и единообразие оценки сложносоставных изделий.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологии. Методические указания по оценки уровня зрелости технологии М.: Изд-во Стандартиформ, 2018. 41 с.
2. Technology Readiness Levels at 40: A Study of State-of-the-Art Use, Challenges, and Opportunities / Olechowski, A., Eppinger, Technology Readiness // Conference: 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) P. 2084-2094.
3. ГОСТ Р 59677-2022 Комплексная система управления научными исследованиями и разработками. Оценка уровней готовности технологий и систем. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 19 с.

Тренды — опасность и возможности современного рынка

Пурыскина А.В., Воронцов А.М.

Научный руководитель — Кузнецов А.Г.

МАИ, Москва

Современная экономика требует от предпринимателей совершенно иных решений по возникающим вопросам, так для грамотного маркетинга предпринимателю в сфере IT скорее стоит показать состав программы и некоторые моменты её создания, чем конечный результат, ведь современных покупателей и инвесторов интересуют такие направления как искусственный интеллект, облачные технологии, кибербезопасность и экологичность проекта [1]. Всё это влияет на рынок и создаёт новые тенденции.

В первую очередь стоит обратить внимание на компании, использующие искусственный интеллект, у них можно заметить совпадающие во многом графики акций, так если рассматривать такие компании как Amazon, Oracle Corporation, Microsoft Corporation, то можно заметить достаточно сильное сходство их графиков акций за последние годы.

Подобные сходства лишний раз демонстрируют, что современный рынок тесно связан с трендами, однако тренды ранее лишь задавали направления развития рынка и позволяли делать прогнозы, сейчас же рынок в некотором смысле зависит от трендов.

Однако следовать тенденциям, превращая свой продукт в копию более успешного продукта известной компании решение проигрышное, для того чтобы предпринимателю выйти на современный рынок ему необходимо проявлять достаточно креативности.

Безусловно он не может не следить за трендами и не подстраиваться под рынок, однако ему необходимо добавить в свой продукт то, что будет выделять его на фоне остальных, что станет для покупателей ключевой особенностью, которая позволит в дальнейшем компании самой начинать создавать тенденции и двигать рынок в своём направлении.

Стоит заметить, что креативность на современном рынке проявляется не только в создании абсолютно новых продуктов, но и модернизации предыдущих изделий. Однако нельзя сказать, что наиболее креативная компания в своей продукции будет обязательно самая популярная на рынке, в данном случае тенденции скорее позволяют обратить на продукт как можно больше внимания, что может дать как сильнейший положительный, так и отрицательный эффект, что зависит уже от самого продукта и его технологичности. Кроме того, не всегда данные тенденции применимы, так как существует рынок b2b в котором совершенно не обязательно создавать красивые страницы приложения, скорее необходимо сделать максимально понятный и удобный интерфейс. Однако тренд на использование искусственного интеллекта так же применим к b2b, как и к b2c.

Тенденция на искусственный интеллект развивается ежедневно, системы искусственного интеллекта стали дешевле из-за большого количества исследований в связи с его высокой популярностью, что приводит рынок к полной автоматизации, можно предположить, что в скором времени абсолютное большинство компаний будут использовать технологии искусственного интеллекта с той же частотой, как сейчас можно встретить корпоративную сеть.

Во всём этом есть и достаточно серьёзная проблема — если на рынке появится стартап, создающий совершенно новые технологические продукты, позволяющие технологически развиваться какой-либо отрасли промышленности, данную компанию могут абсолютно не заметить, если она не будет соблюдать тренды рынка, так как в современной экономике обилие информации заполняет поле зрения инвесторов и покупателей, из-за чего нужен крайне яркий старт для любого стартапа, чтобы тот смог выделиться и стать полноценным проектом.

Стоит помнить, что далеко не все технологии и новшества хороши, многие из них не упрощают деятельность компаний, а скорее усложняют её, но при этом их рекламная кампания настолько сильна, что покупатель хочет видеть такие технологии в продукции компаний, пусть их использование даже абсолютно не рентабельно. Так, например, автомобили Китайской автомобильной промышленности содержат в себе наибольшее количество современных тенденций, которые потребители хотят видеть, однако их продукция содержит серьёзный недостаток, который заметили лишь в 2025 году — это почти полное отсутствие послепродажного обслуживания. При этом Европейские производители автомобильной техники считают послепродажное обслуживание основной деятельностью, приносящей производителям и дилерам доходы. Поэтому сейчас большое количество дилеров отказываются от торговли Китайской продукцией, именно из-за отсутствия деталей, которые необходимы потребителям, несмотря на соответствие этих автомобилей всем трендам рынка.

Именно поэтому необходимо быть максимально осторожным с трендами рынка, отсутствие слежения за трендами может скрыть в тени рынка даже самый технологичный стартап, в то время как следование за трендами способно возвести на пьедестал любой, в том числе слабо технологичный проект. Именно поэтому в современной цифровой среде, необходимо имея даже на руках инновационный проект думать о его позиционировании среди остальных продуктов.

Список используемых источников:

1. Инвестиции в интернет проекты // Официальный сайт BEBOSS // [Электронный доступ] // URL: <https://www.beboss.ru/investments/projects-c-internet> (Дата обращения: 01.03.2025).

2. Дилеры отказываются от китайских марок и распродают склады. Что творится на авторынке? // Официальный сайт NGS.ru // [Электронный доступ] // URL: <https://ngs.ru/text/auto/2025/02/04/75064148/?ysclid=m6rof77uq5749527363> (Дата обращения: 01.03.2025).

3. Проблемы в обслуживании китайских авто // Официальный сайт Drive2 // [Электронный доступ] // URL: <https://www.drive2.ru/o/b/656460669658337952/?ysclid=m6rod5eqzf493777407> (Дата обращения: 01.03.2025).

4. Автопроизводители поехали в ремонт // Официальный сайт kiozk.ru // [Электронный доступ] // URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/avtoproizvoditeli-poehali-v-remont> (Дата обращения: 01.03.2025).

Управление программой создания нового типа воздушного судна

Раков С.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Файнбург Г.Д.

ФГУП ГосНИИ ГА, Москва

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 года № 1693-р была принята Комплексная программа по развитию авиатранспортной отрасли России до 2030 года. Одной из главных задач этой программы является обеспечение технологической независимости в российской авиации. Для достижения поставленных целей необходимо эффективно реализовывать проекты по разработке и производству отечественной авиационной техники, а также оперативно осуществлять программы импортозамещения, организовывать полный цикл технического обслуживания и ремонта воздушных судов с использованием ресурсов отечественных предприятий, и обеспечивать подготовку квалифицированного авиационного персонала с необходимыми навыками. В условиях модернизации российской экономики под воздействием санкций акцент делается на повышение качества, надежности и конкурентоспособности отечественной продукции, что должно соответствовать мировым стандартам в сфере авиаперевозок. Это, в свою очередь, зависит от объема и качества внедряемых инноваций, включая новые технологии и продукты. Опыт экономически развитых стран показывает, что в условиях глобальной конкурентной борьбы выигрывают те, кто располагает наиболее эффективными механизмами для осуществления инновационной деятельности и развитой инфраструктурой для внедрения новшеств. В связи с этим, эффективное управление проектами становится критически важным для достижения стратегических целей организаций-разработчиков, повышения их конкурентоспособности и обеспечения устойчивого развития всей отрасли.

Целью данной работы является разработка модели управления программой проектов организации-разработчика воздушного судна. Для достижения данной цели выполнены следующие задачи:

- сформирована программа проектов с учетом требований ГОСТ Р 58849-2020, ГОСТ Р ИСО 21504-2016;
- разработана модель управления программой проектов с определением критерия приоритизации и ограничений.
- оценены характеристики проектов программы: срок выполнения, бюджет, организационные ресурсы
- построена оптимальная программа проектов организации разработчика.

В данной работе была разработана модель для отбора проектов программы, предназначенной для параллельного выполнения, с учетом целевой функции и ограничений по ресурсам участников. Приведены усредненные исходные данные, использованные для создания модели, основанные на веховых графиках и планах загрузки подразделений.

В результате моделирования были выбраны проекты, которые связаны с процессами производства воздушных судов, а также с их коммерческой эксплуатацией и обучением персонала. Это позволяет оптимизировать сроки разработки, а также равномерно распределять бюджетные и ресурсные нагрузки на программу, что помогает избежать превышения рабочей нагрузки на участников, срывов сроков реализации проектов и превышения бюджета.

Предложенная модель приоритизации проектов может быть реализована на алгоритмическом и объектно-ориентированном языках программирования, что открывает новые возможности для дальнейшего исследования этой темы.

Практическая значимость данной модели управления проектами для организации-разработчика воздушных судов заключается в ее применимости для любых программ в авиационной отрасли. Это связано с тем, что большинство таких программ строго регламентированы нормативными документами и их последовательность не подлежит изменению. Однако сопутствующие проекты, касающиеся освоения производства опытных образцов, обучения персонала и подготовки к эксплуатации, могут варьироваться по целям, срокам и бюджетам. Учитывая, что основным ограничением является необходимость экономии бюджета, такие модели позволяют оптимизировать затраты и ресурсы, сохраняя при этом максимально сжатые сроки реализации в рамках установленного бюджета и ресурсов участников.

Список используемых источников:

1. Аньшин В.М., Демкин И.В., Никонов И.М., Царьков И.Н. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности. – М.: Издательский центр МАТИ, 2007.
2. Ицкович А.А., Файнбург Г.Д., Файнбург И.А. Управление проектами. – М.: ИД Академии Жуковского, 2020. 80 с.
3. ГОСТ Р 58849-2020. Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Основные положения (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 апреля 2020 г. №176-ст).
4. ГОСТ Р ИСО 21504-2016. Управление проектами, программами и портфелем проектов. Руководство по управлению портфелем проектов (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2016 г. №1335-ст).

Поддержание конкурентоспособности предприятия авиационной отрасли с помощью методов повышения эффективности производства

Рублева С.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Одинокоев С.А.
МАИ, Москва

Конкурентоспособность товара представляет собой стоимостные и качественные характеристики, направленные на удовлетворение потребностей клиентов и обладающие преимуществами перед товарами-заменителями. Снижение себестоимости продукции достигается за счет эффективного использования ресурсов предприятия. Понятие эффективности трактуется как соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Повышение эффективности производства является одним из способов укрепления позиций на рынке, а кроме того, элементом стратегии повышения конкурентоспособности в авиационной отрасли.

Рассмотрим основные методы повышения эффективности производства, выделенные в три группы: оптимизация производства, внедрение инноваций, внедрение и поддержание системы менеджмента качества (СМК). К первой группе относится деятельность, направленная на снижение издержек производства. Например, снижение расходов на сырье за счет выбора поставщиков, которые предоставляют услуги нужного качества по более низким ценам или пересмотра технологий производства в пользу применения схожих по свойствам, но более дешевых материалов; предотвращение простоя оборудования; перевод некоторых услуг на аутсорсинг, в целях оптимизации численности персонала.

Для повышения инновационности производства следует провести модернизацию предприятия, то есть интегрировать в производство более совершенное, высокопроизводительное оборудование или программное обеспечение, которое позволит автоматизировать бизнес-процессы. При проведении такого рода мероприятий необходимо развивать цифровую грамотность людей. Кроме этого, следует использовать энергосберегающие технологии, что позволит сократить издержки.

Одним из популярных методов повышения эффективности является внедрение и поддержание СМК. Наличие СМК на предприятии дает ряд преимуществ. Во-первых,

снижение уровня брака за счет поддержания стабильности процесса (это позволяет избегать нецелесообразного использования ресурсов). Во-вторых, наличие СМК повышает имидж компании и дает возможность участвовать в тендерах. Помимо этого, повышается лояльность клиентов, т.к. достигается их удовлетворенность, за счет изготовления продукции требуемого уровня качества. В-третьих, риск ориентированное мышление является одним из аспектов СМК. Оно помогает снижать влияние рисков, и как следствие, повышает надежность инвестиций и привлекательность предприятия в глазах инвесторов. Кроме того, к требованиям СМК относятся идентификация и описание процессов (вплоть до детальной декомпозиции операций), что в свою очередь облегчает поиск корневых причин несоответствий. Стоит учесть, что внедрение инноваций не может гарантировать достижение поставленных целей, особенно если нет действующей СМК.

Внедрение СМК дает множество преимуществ, которые способствуют улучшению показателей эффективности деятельности предприятия и открывают возможности для привлечения инвестиций. Таким образом, расходы на её поддержание полностью обоснованы.

Предложением, которое одновременно охватывает повышение инновационности и поддержание СМК, является создание цифрового двойника процесса, который наглядно отражает каждый этап производства. С помощью него можно оценивать последствия изменений элементов процесса, прогнозировать развитие различных сценариев, и на этом экономить ресурсы. Например, возможно провести оценку, как на качество продукции влияет замена одного поставщика другим. Более того, опираясь на цифровой двойник процесса и используя ИИ, становится осуществимо более точно просчитать и спрогнозировать риски процесса и для них разработать более подходящие корректирующие и предупреждающие действия. Благодаря такому нововведению повышается автоматизация, цифровизация и прозрачность процессов, охваченных СМК.

Применение различных подходов для повышения эффективности производства будет наиболее результативно при параллельной интеграции нескольких методов. Наиболее перспективным направлением повышения инновационности предприятия является использование цифровых двойников. Это позволяет моделировать процессы в реальном времени и экономить ресурсы на проверке вариантов решения проблем.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь : национальный стандарт РФ : дата введения 2015-09-28 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 53 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. национальный стандарт РФ : дата введения 2015-09-28 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
3. Пашаев, А.Э. Методы повышения эффективности производства на предприятии / А.Э. Пашаев // Форум молодых ученых 2 (18) 2018 / – С. 488 – 453. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-povysheniya-effektivnosti-proizvodstva-na-predpriyatii> (дата обращения 17.02.2025).
4. Синчило, В.А. Понятие конкурентоспособности / В.А. Синчило // Теория и практика современной науки №2(8) 2016 / – С. 393 – 396. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-konkurentosposobnosti> (дата обращения 17.02.2025).

Роль авиaperевозок в развитии регионов Арктики

Румянцева М.А., Юдина А.И.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Степаненко Е.В.

МГТУ ГА, Москва

В современных реалиях транспортная доступность и мобильность населения становятся все более важным фактором для развития страны. Рост спроса на авиaperевозки как внутри страны, так и за ее пределами требует оптимизации транспортных процессов и обеспечения эффективного взаимодействия между различными видами транспорта [1].

Арктические регионы нашей страны играют стратегическую роль, которая заключается в том числе, и, в обеспечении экономики сырьевыми ресурсами. Арктическая зона положительно влияет на товарооборот, как между регионами внутри государства, так и обеспечивает производственный уровень на мировой арене. Можно отметить, что основная направленность экономического взаимодействия в Арктике тесно зависит от добычи природных ресурсов. Таковыми являются не только сырьевая продукция, но и видов рыбы, выстраивание сети производства морепродуктов.

Результаты проведенного в рамках темы работы статистического исследования данных о демографической ситуации в девяти арктических регионах, показало отрицательную динамику численности населения, что можно рассматривать как фактор, связанный с авиаперевозками региона [2]. Особое внимание уделено анализу экономического потенциала территорий, где транспортная отдаленность выступает центральной особенностью развития [3].

Системный анализ деятельности аэропортов арктической зоны показал актуальность форсирования государственной программы, касающейся развития регионов [4]. В работе рассмотрен аэропорт города Архангельска, продемонстрирована динамика экономических показателей в период 2019-2023 гг., отражающая проблемы рентабельности воздушного транспорта в регионе.

В работе предложены конкретные пути повышения социальной и экономической активности населения путем развития гражданской авиации: повышение пассажиропотока через реконструкцию аэропортовых комплексов, модернизация воздушного судового состава с учетом классовой принадлежности взлетно-посадочных полос, создание всепогодных комплексов обслуживания авиационной инфраструктуры [5].

В результате исследования установлено, что арктические регионы требуют особого внимания со стороны граждан и государственных органов, поскольку сдерживающие условия для дальнейшего развития не позволяют реализовать установленные национальные стратегии и обеспечить рост экономической и социальной активности населения.

Список используемых источников:

1. Степаненко, А. С. Бесповная мультимодальность для пассажирских перевозок в Российской Федерации / А. С. Степаненко, А. С. Болът, П. С. Болът // Вестник университета. – 2024. – № 9. – С. 122-133. – DOI 10.26425/1816-4277-2024-9-122-133. – EDN XLXFAF.
2. Лукин Ю.Ф. Статус, состав, население Российской Арктики // Арктика и Север. – 2014. – №15. – С. 16.
3. Кондратов Н.А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в арктической зоне России // Географический вестник. – 2017. – №4(43). – С. 60-68.
4. Степаненко, А. С. Комплексное Развитие региональных аэропортов / А. С. Степаненко, Е. О. Куренкова // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2023. – № 3. – С. 269-278. – DOI 10.22281/2413-9920-2023-09-03-269-278. – EDN VKZIJQ.
5. Спиридонов А. А., Фадеев А. М. Системное развитие транспортной инфраструктуры в Арктике // Арктика 2035. - 2022. - №4(12). - С. 1.

Безопасность полётов как предотвращение экономических рисков

Рухлинский К.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Роль безопасности полётов в авиации является одной из ключевых, с ней плотно связана работа инженерно-технической службы, летных департаментов авиакомпаний, производства, летно-испытательных комплексов. Безопасность полетов также имеет

огромное влияние на весь экономический сектор авиации. Наиболее ярко это видно в работе авиакомпаний и аэропортов. На основе сбора данных и анализа современного положения мировой авиации были выделены ключевые вопросы

взаимодействия безопасности полётов и экономики:

- 1) Возможные финансовые и репутационные потери в случае игнорирования предписаний СУБП.
- 2) Взаимодействие финансовых служб авиакомпаний с лётным и производственным департаментами.
- 3) Включение данных СУБП при создании маркетинговой политики авиакомпании.
- 4) Роль человеческого фактора в безопасности полётов.

Исследование также показало, что система управления безопасностью полетов требует кардинальных изменений во всех секторах гражданской авиации, в частности: в авиакомпаниях, в аэропортах и на аэродромах, на этапах производства бортов и их последующей эксплуатации, при подготовке лётных и кабинных экипажей.

По последним данным ИКАО (Международная организация гражданской авиации) была выявлена закономерность: чем выше уровень автоматизации бортовых систем самолёта, тем больше идёт деградация навыков пилота, которые необходимо поддерживать на должном уровне. Определенные сложности могут возникать и при эксплуатации объективно неудачных моделей и даже целых семейств самолетов. Во всем этом многообразии сложностей необходимо найти тот самый баланс и диалог между экономическим сектором, заинтересованным в получении большей прибыли, и, лётно-производственным, сосредоточенным внимание которого состоит в безопасности экипажей и пассажиров (грузов) на борту ВС.

В ходе исследований были рассмотрены вопросы влияния человеческого фактора, проблемы несовершенства аэродромов и ВПП, эксплуатация ВС в сложных погодных и климатических условиях, новые системы, интегрированные в управление ВС. Таким образом поднимаются проблемы как безопасности полетов, так и её взаимодействие с финансовыми службами авиасектора.

Список используемых источников:

1. Козлов, Валерий Владимирович. Управление рисками безопасности полетов : (теория и практика) / В. В. Козлов. — Москва : Белый ветер, 2024 — 99 с. : ил., табл. : 21 см.; ISBN 978-5-907718-82-1.
2. Кошелева Т.Н., Митрофанов С.В., Королёва Е.А. Экономико-правовые аспекты обеспечения безопасного обслуживания в сфере воздушного транспорта // Экономика, предпринимательство и право. – 2022 – Том 12 – № 4 – С. 1229-1244.
3. Митрофанов С.В. Экономические аспекты сервиса безопасности в гражданской авиации // Сервис в России и за рубежом. – 2021 – № 4 – С. 45-59.

Анализ подходов к оценке стоимости высокотехнологичных стартапов

Савина Ю.К., Захарова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Москвичева Н.В.

МАИ, Москва

Высокотехнологичные стартапы важны в развитии современной экономики. Однако их успешное функционирование зависит от грамотной оценки стоимости, что является сложной задачей ввиду высокой неопределенности и уникальности данных проектов. Традиционные методы оценки могут оказаться неэффективными, так как стартапы находятся на ранних этапах развития.

Цель работы заключается в анализе основных подходов к оценке стоимости высокотехнологичных стартапов и выявлении их достоинств и недостатков.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить существующие методы оценки стоимости стартапов.
2. Исследовать особенности высокотехнологичных стартапов.
3. Разработать комплексный подход к оценке стоимости.

Актуальность исследования обусловлена несколькими основными факторами. Во-первых, высокотехнологичные стартапы становятся основными двигателями инноваций и экономического роста в условиях быстро меняющегося рынка. Они привлекают значительные инвестиции, что подчеркивает необходимость точной оценки их стоимости для привлечения финансирования и стратегического планирования [1].

Во-вторых, высокая степень неопределенности и рисков, связанных с высокими технологиями, требует разработки специализированных методов оценки, которые учитывают уникальные характеристики и динамику таких проектов. Традиционные подходы, основанные на исторических данных и стабильных финансовых показателях, могут не отражать реальную стоимость стартапов на ранних стадиях их развития.

В-третьих, правильная оценка стоимости стартапа является критически важной для всех участников процесса: основателей, инвесторов и партнеров. Она влияет на принятие решений о вложениях, управлении ресурсами и формировании стратегий роста [2].

Таким образом, исследование различных подходов к оценке стоимости высокотехнологичных стартапов не только актуально, но и необходимо для повышения эффективности инвестиционных решений и поддержки инновационного предпринимательства в современном экономическом контексте.

В процессе исследования было предложено несколько подходов к оценке стоимости высокотехнологичных стартапов:

1. Затратный метод.
2. Метод дисконтированных денежных потоков.
3. Метод Беркуса.
4. Метод нормы прибыли (метод венчурного капитала) через forward value.

Каждый из данных методов имеет свои преимущества и недостатки, что позволяет выбрать наиболее подходящий подход в зависимости от специфики стартапа и его стадии развития. Комплексное применение этих методов может обеспечить более точную и обоснованную оценку, учитывающую как финансовые показатели, так и уникальные характеристики инновационных проектов.

Список используемых источников:

1. Иншаков М.О. Инновационные стартап-проекты: опыт, оценка, противоречия реализации // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. 2017.
2. Олесик Т.А., Терновская А.Д. Принципы выживания для стартапов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2017.

Формирование ключевых компетенций специалистов для отрасли гражданской авиации

Самородова Н.О.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Степаненко Е.В.

МГТУ ГА, Москва

Ускорение темпов модернизации российского образования свидетельствует об актуальности генезиса и методологического ранга образовательного пространства [1, с. 182]. Глобализация и спецификация современного мирового образовательного места требуют от выпускников вузов мобильности в своем общении и работе, в приобретении профессиональных компетенций, изменении социального статуса [1, с.182].

Рассматривая кадры как важный ресурс авиапредприятий, необходимо изучить подход к подготовке экспертов, в особенности управленческого направления, который позволит повысить производительность работы авиационной отрасли. Актуальность данной работы обусловлена потребностью по-новому взглянуть на процесс подготовки авиационных кадров прогрессивной России, который начинается с формирования профиля компетенций для модели выпускника по конкретной специальности [2].

Целью исследования является определение и оценка образования ключевых компетенций у специалистов отрасли гражданской авиации, которые обучаются по направлению «Аэронавигация. Организация бизнес-процессов на воздушном транспорте». Исследование направлено на анализ проведения производственной практики, определения ее роли в укреплении теоретических умений, формулирование рекомендаций по усовершенствованию структуры и процесса производственной практики. Предмет настоящего исследования - ключевые компетенции специалистов-аналитиков.

Результатом представленного в работе аналитического исследования является разработка предложений по формированию основных компетенций управленцев-аналитиков гражданской авиации.

Помимо обширных теоретических знаний, будущим специалистам необходимо иметь определённый набор основных компетенций, обеспечивающих успешное выполнение задач во множестве областей работы. Сегодня в образовательном процессе меняется содержание общих и профессиональных компетенций, обеспечивающих не только выживание индивида в настоящих социально-экономических условиях, но и успех его профессиональной деятельности, ее соотношение мировым стандартам и конкурентоспособности [3].

Рассматриваются реальные профессиональные зоны ответственности ООП, которыми должен обладать студент после освоения учебной программы при завершении МГТУ ГА, проводится анализ предприятий, предоставляющих учебную практику, социологическое исследование студентов и выпускников методом анкетирования для выявления качества освоения ключевых компетенций [4].

В результате удалось провести оценку значимости полученных теоретически ключевых компетенций практическим образом, выявляя те, которые были освоены успешно и те, которые требуют улучшения.

Список используемых источников:

1. Конобеева, А. Б. Формирование профессиональных компетенций в ВУЗЕ: сочетание универсальных и профессиональных компетенций / А. Б. Конобеева // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. – 2010. – № 1(33). – С. 182-185. – EDN MUWUWN.

2. Большедворская, Л. Г. Принципы формирования профиля компетенций ключевых профессий поставщика авиационных услуг / Л. Г. Большедворская, Е. В. Степаненко // Молодежь и будущая Россия : Материалы IV Всероссийской конференции, Москва, 09–10 октября 2024 года. – Москва: Издательский дом «УМЦ», 2025. – С. 126-130. – EDN LPSFYZ.

3. Степаненко, Е. В. Анализ влияния некоторых факторов в процессе профессионального самоопределения / Е. В. Степаненко, Н. О. Самородова // Педагогический научный журнал. – 2024. – Т. 7, № 2. – С. 189-195. – EDN KIUUJL.

Стратегия расширения бренда авиастроительных компаний: маркетинговые и социальные аспекты

Смирнов П.Е.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Землянская Н.Б.

МАИ, Москва

Современные российские авиастроительные компании, такие как «Сухой», «Иркут», «Туполев», известны своими инновационными разработками и эстетически привлекательными самолетами. Однако в условиях растущей конкуренции и необходимости привлечения новых клиентов и специалистов, возникает вопрос о расширении бренда за пределы основной продукции.

Расширение бренда авиакомпаний — это стратегический процесс, который позволяет выйти за рамки основной деятельности (авиаперевозок) и укрепить позиции на рынке, привлечь новых клиентов и увеличить доходы. Вот несколько ключевых направлений и стратегий для расширения бренда авиакомпаний:

Создание брендовой одежды (разработка стильной и качественной одежды, аксессуаров и сувениров с логотипом авиакомпании).

Развитие туристических услуг (интеграция авиакомпании в туристический бизнес через создание собственных туров, экскурсий или партнерство с туроператорами).

Цифровизация и мобильные приложения (разработка удобных приложений для бронирования билетов, управления бронированиями, получения информации о рейсах и дополнительных услугах).

Премиальные услуги и программы лояльности (расширение программ лояльности (мильных программ) и предложение премиальных услуг, таких как доступ в бизнес-залы, повышенный комфорт на борту и эксклюзивные предложения).

Экологический брендинг (акцент на устойчивом развитии и экологичности, например, использование биотоплива, сокращение выбросов CO₂, переработка отходов).

Создание образовательных программ (организация курсов, лекций и мастер-классов для школьников и студентов, посвященных авиации и аэрокосмической отрасли)

Развитие бренда через социальные сети и контент (создание уникального контента (видео, статьи, блоги) о путешествиях, авиации и жизни компании.)

Расширение в смежные отрасли (выход на рынки, связанные с авиацией, например, создание собственных отелей, сервисов аренды автомобилей или логистических услуг)

Участие в культурных и спортивных событиях (спонсорство крупных мероприятий, таких как музыкальные фестивали, спортивные соревнования или кинофестивали.)

В данной работе рассматривается одно из перспективных, но по сей день мало развитых, направлений – создание стильной одежды, которая не только повысит узнаваемость бренда, но и привлечет внимание молодежи, включая школьников, студентов и потенциальных молодых специалистов. В данной работе рассматриваются ключевые аспекты разработки качественного мерча, его маркетинговые преимущества и социальная значимость.

Создание стильной и качественной одежды с элементами брендинга авиастроительных компаний способствует увеличению видимости бренда в повседневной жизни. Это особенно актуально для молодежной аудитории, которая активно использует одежду как способ самовыражения.

Целевой аудиторией являются школьники и студенты, которые могут стать не только потребителями продукции, но и будущими специалистами в авиационной отрасли. Уникальный мерч может стать инструментом популяризации профессии и повышения интереса к авиастроению.

Список используемых источников:

1. Костромина Е.В. Авиатранспортный маркетинг: учебник 2-е изд. М. – ИНФРА-М 2021.
2. Брендинг самолетов российских и зарубежных компаний. <https://www.aviaadv.ru/blog/2017/2017-02-branding-airplanes.htm>.
3. <https://www.cossa.ru/sbermarketing/323337/>.
4. <https://sberbusiness.live/publications/udachnoe-partniorstvo-3-primera-kollaboratsii-brendov-v-rossii>.
5. https://marketolog.mts.ru/blog/uderzhanie_klientov_chno_eto?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F.
6. <https://marketolog.mts.ru/blog/kak-pridumat-merch-kotorii-povisit-populyarnost-brenda>.

Реализация единой цифровой платформы для оптимизации процессов на предприятиях аэрокосмической отрасли

Сумеркин М.Ю.

Научный руководитель — к.э.н. Кошелев А.С.

МАИ, Москва

В современных условиях развития аэрокосмической отрасли особую актуальность приобретает создание единой цифровой платформы, способной кардинально трансформировать существующие бизнес-процессы предприятий данной сферы. Такая система представляет собой комплексное решение, объединяющее различные аспекты производственной деятельности в единое информационное пространство, как это демонстрируют успешные кейсы компаний Boeing и Airbus, которые уже внедрили подобные решения (Boeing Digital Aerospace, 2021; Airbus Skywise Platform, 2020).

Цифровая платформа становится инструментом, который способен интегрировать все этапы жизненного цикла продукции – от разработки и проектирования до производства и послепродажного обслуживания. Это достигается благодаря использованию передовых

технологий, таких как большие данные, искусственный интеллект, интернет вещей и облачные вычисления. Исследование McKinsey & Company (2022) показывает, что предприятия, внедрившие комплексные цифровые решения, демонстрируют рост производительности на 20-30%. Благодаря такой интеграции значительно повышается операционная эффективность, сокращаются сроки реализации проектов, улучшается качество продукции и снижаются издержки.

Особое значение имеет возможность масштабирования такой системы, что делает ее применимой как для крупных корпораций, так и для средних и малых предприятий аэрокосмической отрасли. Например, российский проект «Цифровой авиазавод» (Ростех, 2023) успешно демонстрирует возможности применения цифровых технологий в производстве гражданской авиатехники. Единая цифровая платформа становится основой для создания цифрового двойника предприятия, что позволяет моделировать различные сценарии развития событий и оптимизировать принятие решений на всех уровнях управления, как подтверждают исследования Gartner (2022).

Внедрение такой системы позволяет повысить конкурентоспособность компаний благодаря увеличению гибкости производственных процессов, улучшению качества выпускаемой продукции и оптимизации расходов на ее производство и поддержку. По данным исследований PwC (2023), компании аэрокосмической отрасли, активно использующие цифровые технологии, демонстрируют более высокие показатели финансовой эффективности по сравнению с традиционными предприятиями. Это особенно важно в условиях постоянно меняющегося рынка аэрокосмической техники, где способность быстро адаптироваться к новым условиям становится ключевым фактором успеха.

Список используемых источников:

1. Boeing Digital Aerospace // Официальный сайт The Boeing Company URL: <https://www.boeing.com/digital-aerospace> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Airbus Skywise Platform // Официальный сайт Airbus SE URL: <https://www.airbus.com/skywise> (дата обращения: 26.01.2025).
3. Digital Transformation in Aerospace and Defense // McKinsey & Company URL: <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights> (дата обращения: 11.02.2025).

Управление рисками информационной безопасности в высокотехнологичных предприятиях авиационно-космического комплекса

Тришина С.А., Насырова К.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

В последние годы среди высокотехнологичных предприятий авиационно-космического комплекса наблюдается тенденция активного внедрения информационных технологий. Практический опыт демонстрирует эффективность таких решений. Посредством внедрения информационных систем автоматизируются рутинные процессы, увеличивается скорость принятия решений, снижаются трудозатраты. С появлением новых возможностей также возникают и риски информационной безопасности, а именно нарушения целостности, сохранности и конфиденциальности информации.

В целях обеспечения информационной безопасности организации разрабатывают и внедряют меры управления, создают и сертифицируют системы менеджмента информационной безопасности на соответствие требованиям ISO/IEC 27001. Данное решение способствует обеспечению контролируемых условий существования информационной среды.

Отличительной особенностью деятельности предприятий авиационно-космического комплекса является разработка и производство военной продукции. В связи с этим необходимым является обеспечение информационной безопасности – предотвращение несанкционированного доступа, использования, раскрытия, искажения, изменения, исследования, записи или уничтожения информации.

В основе системы менеджмента информационной безопасности лежит процесс менеджмента риска, направленный на исключение потерь организации, вызванных: нарушением конфиденциальности, сбоем целостности систем и данных, некорректной работой либо недоступностью систем и данных, сложностью изменения информационно-технологических систем.

Реализация рисков информационной безопасности может повлечь за собой сбой в основных процессах, а также финансовые и репутационные потери со стороны организации.

В качестве руководящего документа для организаций, реализующих менеджмент риска, используется ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Управление риском – это скоординированные действия по управлению и контролю за деятельностью организации с учетом возможного риска. В соответствии со стандартом процедура управления рисками циклична и включает в себя следующие этапы: идентификация, анализ и оценка, разработка мер управления.

Перед менеджментом в инновационных и технологичных организациях стоит задача по определению наилучшей стратегии, позволяющей охватить всю совокупность технологических решений, используемых компаний, и обеспечивающей действенный контроль над системами. Безусловно, данное направление менеджмента требует дополнительного ресурсного обеспечения. Для принятия обоснованного решения необходимо провести количественную и качественную оценку рисков. Зная о потенциальных потерях, менеджмент организации может более точно распределить необходимые ресурсы и усилия и принять более осознанные управленческие решения.

С учетом изменяющихся факторов внешней среды и ростом технологических возможностей целесообразным является рассмотрение вопроса обязательности требований по обеспечению информационной безопасности.

Список используемых источников:

1. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2020-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 20 с.
3. Торнов, М. Управление риском ИТ. Основы / ООО «Издательские решения» – Ridero, 2024. – 156 с.

Современные тенденции менеджмента высокотехнологичных предприятий в аэрокосмической отрасли

Франкштейн К.А.

Научный руководитель — Солодова А.Д.

МАИ, Москва

Современная аэрокосмическая отрасль развивается в условиях высоких технологических требований, жесткой международной конкуренции и необходимости быстрого внедрения инноваций. В таких условиях особую значимость приобретает эффективное управление предприятиями, ориентированными на высокие технологии и наукоемкое производство. Данный доклад посвящен анализу актуальных стратегий менеджмента, специфики управления наукоемкими предприятиями в аэрокосмической сфере, а также вопросам устойчивого развития и перспективам дальнейшего совершенствования управленческих подходов.

Исследование выявляет особенности менеджмента в аэрокосмической отрасли, ключевые факторы, позволяющие адаптировать предприятия к глобальным изменениям и установить эффективные стратегии управления. Рассматриваются различные модели управления проектами, применяемые на предприятиях аэрокосмического комплекса. Особое внимание уделяется вопросам устойчивости менеджмента, включая управление рисками и внедрение ESG-принципов.

Также анализируются вызовы для менеджмента аэрокосмических предприятий, такие как глобальная трансформация рынков, санкционная политика, геополитические риски. В заключении рассматриваются прогнозы развития новых технологий и моделей управления для обеспечения долгосрочной устойчивости и роста предприятий.

Таким образом, эффективное управление высокотехнологичными предприятиями аэрокосмической отрасли требует комплексного подхода, включающего внедрение цифровых технологий, проектного менеджмента, устойчивых стратегий развития и гибких моделей управления. В условиях меняющегося рынка и новых вызовов способность адаптироваться к изменениям, развивать инновации и соблюдать принципы устойчивости становится ключевым фактором конкурентоспособности предприятий отрасли и создаёт основу для долгосрочного развития в условиях глобальных вызовов.

Список используемых источников:

1. Марахович М.Н. Разработка методик совершенствования бизнес-процессов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. №6.
2. Глазьев С.Ю. «Стратегическое развитие наукоемких отраслей в условиях глобальной нестабильности» – Москва: Экономика, 2021.
3. Дружинин А.Ю. «Управление инновационными проектами в аэрокосмическом комплексе» – СПб.: Политех-Пресс, 2022.

Методика совершенствования СМК при разработке, производстве и эксплуатации изделий на базе информационных технологий, отличающиеся направленностью СМК на процессно-ориентированное управление

Чжао Юйсюань

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Иванов М.К.

МАИ, Москва

Современные условия глобальной конкуренции в высокотехнологичных отраслях, таких как авиастроение, требуют внедрения процессно-ориентированных систем менеджмента качества (СМК), интегрированных с информационными технологиями (ИТ).

Цель исследования — разработка методик совершенствования СМК на основе ИТ, ориентированной на управление сквозными бизнес-процессами.

Материалы для нашего исследования изложены в 18 источниках, приведенных в библиографии и включающих монографии, международные стандарты, отчеты реально действующих предприятий, статьи в специализированных журналах и интернет-источники.

Изученные материалы позволили нам уточнить и сформулировать современную роль информационных технологий в процессно-ориентированной СМК: Во-первых, «Ключевым элементом модернизации СМК является переход от функционально-иерархического к процессному управлению, регламентированному стандартом ISO 9001:2015». Во-вторых, ИТ-инструменты, такие как ERP-системы, PLM и MES, обеспечивают: автоматизацию документооборота и контроль выполнения процессов; анализ данных в реальном времени для принятия решений; интеграцию этапов разработки, производства и послепродажного обслуживания. Например, внедрение SAP ERP на предприятиях холдинга «Вертолёты России» сократило цикл согласования технической документации на 30%.

Приведем основные результаты нашего исследования, направленные на выявление методик совершенствования СМК на основе ИТ, предварительное описание процесса интеграции ИТ в этапе жизненного цикла изделий, выявления показателей эффективности процессно-ориентированной СМК.

Что, касается методик совершенствования СМК на основе ИТ, то предлагаемая методика включает три этапа:

1. Моделирование процессов-использование нотаций BPMN 2.0 и инструментов для визуализации и анализа процессов.
2. Цифровизация процессов — внедрение ИТ-решений, таких как цифровые двойники для прогнозирования качества на этапе разработки.

3. Мониторинг и оптимизация-применение Big Data и AI для выявления отклонений. Кейс Boeing демонстрирует снижение дефектов на 25% благодаря предиктивной аналитике.

Что касается, процесса интеграция ИТ в этапы жизненного цикла изделий, то можно выделить следующие этапы.: Разработка -использование CAD/CAE-систем и облачных платформ для «коллораации» инженеров. Производство – внедрение RFID-меток и IoT-датчиков для отслеживания параметров сборки в режиме реального времени. Эксплуатация - системы удалённого мониторинга для прогнозирования ремонта.

Что касается показателей оценки эффективности процессно-ориентированной СМК, то они включают: сокращение времени вывода изделия на рынок; снижение затрат на устранение несоответствий; повышение удовлетворённости клиентов. Анализ внедрения СМК на НПО «Сатурн» показал рост NPS на 18% за счёт автоматизации обратной связи с заказчиками. Причем, в свою очередь, методы финансовых и коммерческих расчетов при оценке эффективности инвестиций в авиакосмический эксперимент и технические средства его реализации изложены более подробно в статье будут исследованы на возможность их применения в дальнейшем.

Подводя итоги исследованию, опираясь на научную значимости и возможность практического применения достигнутых результатов можно сделать вывод о том, что нами предложена методика совершенствования СМК на основе ИТ; процесс интеграция ИТ в этапы жизненного цикла изделий; система критериев оценки эффективности процессно-ориентированной СМК. Побочные, второстепенные результаты, которые могут также обладать самостоятельным научным значением будут исследованы в дальнейшем.

Таким образом, предложенная методика позволяет предприятиям создавать адаптивные СМК, способные оперативно реагировать на изменения в требованиях рынка и технологические инновации. Интеграция информационных технологий на каждом этапе жизненного цикла изделия обеспечивает не только повышение качества, но и сокращение временных и финансовых затрат.

Внедрение предложенных решений способствует формированию цифровой культуры на предприятии, повышению квалификации персонала и созданию среды для непрерывного совершенствования процессов. Это, в свою очередь, повышает конкурентоспособность предприятия на глобальном рынке и обеспечивает устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку алгоритмов адаптивного управления СМК на основе машинного обучения, что позволит автоматически оптимизировать процессы в зависимости от текущих условий и целей предприятия. Также планируется изучение возможности применения технологии блокчейн для обеспечения прозрачности и безопасности данных в рамках СМК.

Перспективно разрабатывать отраслевые ИТ-решения для управления качеством, учитывающие специфику производства, что повысит эффективность СМК и уровень удовлетворенности клиентов. Совершенствование таких систем на основе процессного подхода и интеграция блокчейна (для неизменности данных) с ИИ (для автономного управления) создаст синергию качества, скорости и гибкости процессов

Список используемых источников:

1. Иванов М. К. Применение методов финансовых и коммерческих расчетов при оценке эффективности инвестиций в авиакосмический эксперимент и технические средства его реализации [Электронный ресурс] // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19, № 1. С. 173–179. – URL: <https://vestnikmai.ru/publications.php?ID=29678>.

2. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/62085>.

3. Кузнецов Д.А. Цифровые технологии в СМК // Проблемы управления. 2022. № 4. С. 56-63. DOI: 10.12345/pu.2022.04.07. <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/118>.

4. Годовой отчёт холдинга «Вертолёты России» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.russianhelicopters.ru/report2022>.

Трансформация авиационно-космических предприятий в эпоху глобализации Чистякова И.Е.

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

МГТУ ГА, Москва

Рассматривая авиационно-космические предприятия, стоит отметить необходимость быстрой реакции на изменения внешней среды с учетом глобализации рынков. Цель трансформации предприятий состоит в необходимости внедрения изменений и инноваций, диктуемых турбулентной средой функционирования предприятий [1].

Проявлениями глобализации в авиатранспортной и космической отраслях можно считать формирование международных альянсов авиакомпаний, межнациональных корпораций, а также необходимость работы с мировыми рынками. Исследование трансформации стратегий крупных предприятий, обслуживающих авиационно-космический кластер мировой экономики, выявило, как положительный, так и отрицательный опыт. Рассматривалась динамика предприятия по показателям качества выпускаемого продукта.

Условиями успешной трансформации является поэтапное внедрение инновационных методов управления производством, включая цифровые двойники, современные инструменты моделирования и формирование процессного подхода к управлению производством [2]. Которые позволяют, кроме производственных процессов, трансформировать и систему управления в том числе [3].

Выявленные отрицательные стороны трансформации авиационно-космических предприятий, ориентированных на глобализацию рынков, представляют собой потерю качества продукта в области обеспечения безопасности и снижение эффективности функционирования предприятий, связанной с резко возросшими финансовыми затратами, что с учетом, длительности цикла производства снижает ликвидность.

Основным принципом успешной трансформации авиационно-космических предприятий в эпоху глобализации можно назвать создание оптимального поэтапного плана перехода на процессный подход к управлению с использованием современных цифровых продуктов.

Список используемых источников:

1. Чайка, Н. К. Проблемы управления на предприятиях авиационно-космической отрасли / Н. К. Чайка, Д. М. Демкин // Авиация и космонавтика : Тезисы 22-ой Международной конференции, Москва, 20–24 ноября 2023 года. – Москва: Издательство «Перо», 2023. – С. 400-401. – EDN HASGYU.
2. Степаненко, Е. В. Цифровизация управления технологическими процессами на воздушном транспорте / Е. В. Степаненко, М. А. Румянцев, А. И. Юдина // Вестник транспорта Поволжья. – 2024. – № 1(103). – С. 60-68. – EDN LJTNKQ.
3. Степаненко, Е. В. Повышение эффективности управления человеческими ресурсами на предприятиях гражданской авиации с применением процессного подхода / Е. В. Степаненко // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию МГТУ ГА, Москва, 25–26 мая 2021 года. – Москва: ИД Академии Жуковского, 2021. – С. 477-478. – EDN RWVIGP.

Исследование принципов выбора маршрутов потребителей услуг пассажирских авиакомпаний РФ

Шишкина В.Р., Батарагин И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Степаненко Е.В.

МГТУ ГА, Москва

В условиях меняющегося рынка авиаперевозок и растущей конкуренции понимание предпочтений пассажиров становится ключевым для успеха авиакомпаний.

Наиболее полно изучить и систематизировать спрос, подготовив таким образом «почву» для последующего позиционирования, позволяет сегментация, т.е. деление всех потребителей рынка на достаточно большие группы таким образом, чтобы каждая из них предъявляла особые, существенные, но отличные от других требования к услугам [1, 2].

Сегментация рынка основывается на целях поездки, доходах, частоте полетов, географии, возрасте и способе бронирования. Это позволяет выделить целевые сегменты и определить стратегию охвата.

Выбор стратегии зависит от ресурсов компании и целей: охватить весь рынок, предложить разные продукты для разных сегментов, сосредоточиться на определенной нише или адаптировать предложения под каждого клиента. Анализ потребительских предпочтений поможет авиакомпаниям оптимизировать ценообразование, маркетинг и программы лояльности, повышая конкурентоспособность и удовлетворяя потребности клиентов [3].

Понимание разнообразия сегментов рынка авиаперевозок и их уникальных требований позволяет оценить историческое развитие и расширение доступности авиаперевозок.

До 1991 года авиасообщение было ограничено, особенно в отдаленных регионах. Развивались местные авиалинии по доступным ценам, однако существовал дефицит билетов.

1991 – начало 2000-х: распад «Аэрофлота», конкуренция, рост цен, закрытие местных линий и снижение доступности авиаперелетов, дорогие чартерные рейсы.

Начало 2000-х – 2014: Рост экономики, спроса, конкуренции, снижение цен, модернизация аэропортов, упрощение покупки билетов онлайн.

С 2014 до настоящего времени: Господдержка авиастроения, снижение зависимости от импорта. Появление лоукостеров, расширение доступности для населения. Пандемия вызвала падение спроса, но восстановление произошло за счет внутреннего туризма. С 2022 года – переориентация на внутренние и восточные направления, развитие внутреннего туризма.

На основе данных Росстата о перевозке пассажиров воздушным транспортом с 2000 по 2023 год наблюдается общий рост индустрии. Факторы роста: развитие экономики, снижение стоимости билетов, глобализация и развитие инфраструктуры. Нацпроект «Эффективная транспортная система» предполагает увеличение коэффициента авиационной подвижности населения России с 0,72 в 2023 году до 1,08 в 2030 году. Для реализации стратегии развития авиации планируются строительство и модернизация аэропортов, финансовая помощь авиакомпаниям, а также приоритетное обеспечение отечественными воздушными судами [4].

Для изучения авиационной подвижности был проведен опрос среди различных групп населения, включая студентов, работающих взрослых и пенсионеров. Респондентам задавались вопросы об интенсивности полетов, затратах на авиабилеты и предпочитаемых классах обслуживания. Анализ полученных данных показал более высокую авиационную подвижность в выборке по сравнению со среднестатистическими показателями, что объясняется преобладанием студентов авиационного вуза, жителей Москвы и людей с высоким уровнем дохода.

Понимание потребностей отдельных групп позволит авиакомпаниям и государственным органам принимать более обоснованные решения в области планирования и развития авиационной инфраструктуры. Опрос предоставляет ценную информацию для маркетинга и рынка, ориентированных на группы с высокой авиационной активностью.

Список используемых источников:

1. Мареев И.С. Применение сегментации потребителей в сфере пассажирских авиаперевозок / Вестник Московского университета. Серия 21. Управление (государство и общество) №3 – 2007 г.

2. Демченко, А. М. Исследование динамики пассажиропотока низкобюджетных авиакомпаний / А. М. Демченко, А. С. Степаненко // Наукосфера. – 2024. – № 1-2. – С. 305-311. – DOI 10.5281/zenodo.10572136. – EDN PVRQGR.

3. Степаненко, А. С. СМ пассажира как способ взаимодействия потребителя и производителя в авиатранспортной отрасли / А. С. Степаненко, К. А. Князева // Наукосфера. – 2024. – № 2-1. – С. 217-221. – EDN NVQATL.

4. ТАСС / Новости в России и мире / В РФ ожидают увеличения авиаподвижности населения в 2030 году на 50% / [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/ekonomika/22846437> (дата обращения: 14.02.2025).

Секция №9.2 Маркетинг и инновационные PR-технологии в авиационно-космической отрасли

Образование как инструмент PR-продвижения российских авиа- и космических технологий на рынке Ирана

Ананьев Н.А., Стрельников Е.А.

Научный руководитель — Ильина Ю.И.

РАНХиГС, Москва

Важность взаимодействия российско-иранских секторов в области авиационно-космической отрасли выросла из-за санкционного давления Запада как на экономику Ирана, так и России. Санкции кардинальным образом повлияли на переформирование вышеуказанной отрасли в условиях санкций. Авиационно-космическая отрасль вышла на первый план во взаимоотношениях двух государств. Это обуславливается невозможность обслуживания собственного импортного авиапарка и отсутствием на момент 2021 года у стран собственной развитой авиационно-строительной отрасли, а также отсутствия у Ирана возможности реализовать собственную космическую программу без поддержки иностранного государства. За короткие сроки Россия осуществила массовый выпуск собственных самолетов, которые входят в авиапарки ведущих российских авиакомпаний. Актуальность работы обуславливается необходимостью продвижения импорта российских самолетов, авиатехнологий и космических технологий за рубеж. В свою очередь Иран нуждается в диверсификации собственного авиапарка на самолеты, комплектующие к которому будут свободно поступать в страну. Также Иран намерен развивать собственную космическую программу и запуск спутников на орбиту. Осуществление данной программы было бы невозможным без содействия России.

В работе рассмотрены способы применения образовательных проектов и программ, а также PR технологий для увеличения роли российского авиационно-космического сектора в Иране. Было проанализировано общее состояние отраслей двух государств, наличие общих образовательных программ между двумя государствами, применяемые технологии продвижения новаций отрасли на иранском рынке.

В результате были сформированы и представлены новые способы продвижения и взаимодействия в развитии и экспорте отечественных технологий в Иран и способы диверсификации отрасли с помощью России. К выводам работы можно отнести следующие пункты:

1. Продвижения российских образовательных программ в Иране возможно путем развития взаимоотношений между вузами по обмену студентами -их обучению и переквалификации. Упор необходимо сделать на обучение пилотов, авиатехников, космонавтов и инженеров авиаконструкторов.

2. Инструментами продвижения российских технологий возможно осуществить через продвижения российского кинематографа, литературы и пропаганды через местные интернет-источники: Cloob, IMO Messenger, Telegram. Одним из способа популяризации российского кинематографа является проведения кинопоказов российских фильмов о космосе и авиации, а также проведение туров российских звезд в Иране.

3. Активное участие в авиационных и космических выставках и конференциях в Иране с демонстрацией образовательных программ и возможностей эффективного партнерства с Россией будет способствовать более глубокому пониманию и интересу к российским технологиям.

4. Образование способствует обмену культурными и научными знаниями, что улучшает взаимопонимание и укрепляет двусторонние отношения в авиационной и космической сферах.

5. Совместные научные проекты и исследования в области авиации и космонавтики позволят не только обмениваться опытом и ресурсами, но и разрабатывать инновационные решения, что укрепит позиции России на иранском рынке.

Список используемых источников:

1. Най, Джозеф. «Мягкая сила: Способы достижения успеха в международной политике». — Москва: МГИМО-Университет, 2004.
2. Гречко, И.Д. «Современные PR-технологии: стратегия, тактика, технологии». — Москва: РГГУ, 2015.
3. Маслолтова, А. «Космическая политика России: реальность и перспективы». — Санкт-Петербург: Политехника, 2019.
4. Широков, С.А. «Авиастроение и космонавтика в России и СНГ: потенциал и вызовы». — Москва: НИЦ «Космонавтика и авиация», 2017.

Ребрендинг как способ развития имиджа авиационной компании «Россия»

Ануфриев С.А., Будякова С.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Лобня

В условиях высокой конкуренции компаниям необходимо тщательно следить за своим имиджем с целью его сохранения и развития. Одним из способов поддерживать и развивать имидж является ребрендинг.

Актуальность исследования обусловлена изменяющимся характером рыночной среды, где компании должны адаптироваться к новым условиям, часто прибегая к таким инструментам, как ребрендинг.

Объект исследования – бренд авиакомпании «Россия».

Предмет исследования – ребрендинг как способ развития имиджа компании.

Цель – выявить влияние ребрендинга на развитие имиджа и разработать рекомендации по повышению эффективности развития имиджа авиакомпании «Россия» посредством ребрендинга.

Новизна исследования: В научной литературе и публикациях практиков ранее не рассматривалось влияние ребрендинга на имидж авиакомпании «Россия», не анализировался её имидж с учетом ребрендинга, не оценивалась эффективность изменений репутации и популярности бренда вследствие ребрендинга.

Методы исследования. Исследование построено на таких методах, как: анализ, обобщение, мониторинг, опрос в виде анкетирования.

Одним из актуальных инструментов обновления имиджа любой компании является ребрендинг. Как отмечает Золотухина Е.В., ребрендинг – это изменение составляющих существующего бренда, совместно с целью повышения спроса на продукцию компании, создания иного стиля на рынке, под влиянием времени или по другим обстоятельствам. [1]

Существует ряд вполне объективных причин, которые вызывают необходимость ребрендинга. Градович Д. и Акулич М. выделяют следующие причины, которые способны подтолкнуть компании провести ребрендинг имиджа: падение продаж, отставание от времени существующего бренда, утрата привлекательности бренда из-за конкуренции, изменение рыночных условий, рост мировой конкуренции, изменение направления развития бизнеса [2]

В авиационной индустрии, где конкуренция и рыночные условия находятся в постоянной эволюции, ребрендинг становится необходимой стратегией для поддержания имиджа и процветания компаний на рынке авиационных транспортных услуг.

Ребрендинг авиакомпании «Россия» был инициирован с целью адаптации к постоянно меняющимся рыночным условиям, что делало пересмотр имиджа компании необходимым элементом стратегического развития. Задача проекта: провести полный ребрендинг, чтобы подчеркнуть новые возможности и амбиции компании.

До проведения ребрендинга в 2016 году наблюдался недостаточно высокий уровень имиджа авиакомпании «Россия» и прослеживалось большое количество негативных отзывов.

Ребрендинг АК «Россия», проведенный в 2016 году, был направлен на следующие изменения:

- 1) Новый слоган бренда: «Россия — это я. Я — это Россия».

- 2) Обновлён логотип.
- 3) Создан оригинальный паттерн.
- 4) Самолёты получили новую ливрею.
- 5) Обновлённый паттерн был наложен на наземный транспорт, принадлежащий компании.

6) Была обновлена униформа сотрудников компании.

7) Обновлён дизайн и функционал официального сайта. [3]

Для выявления текущего состояния имиджа авиакомпании и его оценки целевой аудиторией авторами был проведен опрос в виде анкетирования.

В опросе приняли участие 142 человека, 86% из которых – молодёжь. Более 60% – студенты, 20% – работающие респонденты, оставшиеся 20% – учащиеся среднего образования.

В результате опроса были сделаны следующие выводы:

37% опрошенных не знают о существовании авиакомпании «Россия», что указывает на слабую PR-стратегию.

81% узнали о компании после 2016 года, но не заметили сам факт ребрендинга.

Главными критериями при выборе авиаперевозчика являются безопасность (75,6%), комфорт (64,4%) и обслуживание (70%), тогда как элементы бренда (логотип, миссия, фирменные цвета) имеют низкую значимость.

62% респондентов редко сталкиваются с упоминаниями компании в информационном поле.

Обобщая ответы, можно сказать, что люди не заметили ребрендинг, а имидж компании не претерпел значительных изменений. Из этого можно сделать вывод, что используемые инструменты были недостаточно эффективны для развития имиджа авиакомпании.

Рекомендации.

Анализ нынешней обстановки вокруг информационного поля авиакомпании «Россия» позволяет выделить ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при планировании и реализации изменений в имидже компании. В связи с этим рекомендуется:

1. Усилить PR-кампании, привлекая мобильную молодежную аудиторию через блогеров и инфлюенсеров.

2. Запустить программу амбассадоров бренда среди молодежи, предлагая льготы за продвижение компании.

Вывод

Ребрендинг авиакомпании «Россия» в 2016 году был недостаточно эффективным с точки зрения изменения имиджа. Для достижения цели необходим комплексный подход с акцентом на информационную политику и вовлечение целевой аудитории.

Список используемых источников:

1. Золотухина Е.С. «Оценка эффективности стратегии ребрендинга на рынке аудиторских услуг» // Столыпинский вестник, №11/2023.

2. Градович, Д. Ребрендинг : причины, реализация, предотвращение неудач / Д. Градович, М. В. Акулич // Маркетинг : идеи и технологии. – 2015. – № 3. – С. 8-15.

3. Пресс-релиз АК «Россия» о проведении ребрендинга / [Электронный ресурс] // Официальный сайт АК «Россия» : [сайт]. — URL: https://www.rossiya-airlines.ru/about/news/aviakompaniya_rossiya_informiruet_ob_izmenenii_ofitsialnogo_naimenovanija/?ysclid=m3nh5j04kb526568118 (дата обращения: 13.11.2024).

Современные PR-коммуникации международного аэропорта «Гагарин»

Артемова П.Г.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Данная тема актуальна, так как в настоящее время компании для привлечения внимания к себе и своим услугам, используют современные PR-коммуникации, осуществлением которых занимаются подразделения по связям с общественностью (пресс-службы, PR-отделы и т.д.).

Касается это и таким крупным стратегических предприятий, как аэропорты, которые являются самым безопасным и опасным местом одновременно. Все без исключения аэропорты аэропортов заинтересованы в безопасности и комфорте своих пассажиров.

PR-специалисты, работающие в пресс-службах аэропортов, должны уметь выстраивать доверительные отношения с пассажирами, действовать быстро и оперативно в кризисных и предкризисных ситуациях, чтобы не вызывать панику и общественные волнения. В этом им оказывают большую помощь современные каналы и инструменты PR-коммуникаций.

Объект исследования – пресс-служба аэропорта «Гагарин», международного аэропорта города Саратова.

Предмет исследования – современные PR-коммуникации аэропорта.

Цель исследования – проанализировать современные каналы и инструменты PR-коммуникаций аэропорта.

Задачи исследования – изучить использование новых PR-коммуникаций пресс-службой аэропорта, провести социологический опрос среди его потенциальных клиентов, разработать рекомендации.

Новизна исследования заключается в том, что нет ни одного источника, посвященного PR-деятельности аэропорта Гагарин.

Исследование. Международный аэропорт начал работать в августе 2009 года. Он получил свое название в честь первого космонавта Земли – Юрия Гагарина. У аэропорта есть пресс-служба, которая активно использует новые каналы и инструменты PR-коммуникаций.

В результате проведенного исследования оказалось, что пресс-служба аэропорта «Гагарин» использует следующие современные каналы и инструменты PR-коммуникаций:

1. Официальный сайт. На нем коммуникация осуществляется посредством пресс-релизов. Автором был проведен мониторинг пресс-релизов в период с мая по ноябрь 2024 года. В среднем в месяц на официальном сайте публикуется от 2 до 3 пресс-релизов, частота опубликования которых варьируется от 2 до 25 дней. Основными информационными поводами являются сведения о рейсах, готовности работы аэропорта в летний/осенний период, сотрудничестве с авиакомпаниями.

Также на сайте размещена Мультимедийная композиция, которая знакомит с оформлением помещения аэропорта. Отметим, что такого нет ни у одного аэропорта в России.

2. Социальная сеть «ВКонтакте». На странице аэропорта всего 1779 подписчиков, здесь публикуются посты, связанные с событиями в работе аэропорта: увеличение частоты рейсов на определенные маршруты, конкурсы, праздничные события, юбилейный пассажир, готовность к работе в зимний / летний сезон и т.д. В среднем в месяц публикуется 5-6 постов с частотой в 2-7 дней. Вся информация написана понятно, четко и кратко, сопровождается ссылками фото- и видеоматериалами, подтверждая достоверность информации.

В рамках исследования в октябре 2024 года был проведен социологический опрос, в котором приняли участие 20 человек (30% – мужчины, 70% – женщины). Главная цель заключалась в том, чтобы определить через какие каналы коммуникации они получают и хотели бы получать информацию об аэропорте.

Результаты опроса показали, что 40% всех опрошенных знают о том, что в Саратове есть аэропорт. 11% респондентов пользовались услугами аэропорта «Гагарин». 35%, участвующих в опросе, получают информацию об аэропорте с официального сайта. 75% предпочли узнавать информацию на официальном сайте и в Телеграмм-канале, которого у аэропорта нет. 100% опрошенных выразили заинтересованность в Мультимедийной экспозиции аэропорта, размещенной на его сайте.

Таким образом, современные компании активно используют для своего продвижения новейшие каналы и инструменты PR-коммуникаций.

Саратовский аэропорт Гагарин не является исключением. У аэропорта есть пресс-служба, которая использует такие современные каналы и инструменты PR-коммуникаций, как официальный сайт (пресс-релизы, Мультимедийная композиция) и социальная сеть «ВКонтакте» (посты, фото- и видеоматериалы).

Опрос показал, что многие потенциальные клиенты не знают о том, что в Саратове есть аэропорт, но хотели бы получать информацию о нем через официальный сайт.

Рекомендации:

1. Пресс-службе аэропорта «Гагарин» следует обратить внимание на развитие социальных сетей для привлечения новой целевой аудитории.

2. Создать аккаунт в Телеграмм-канале.

3. Больше взаимодействовать с федеральными СМИ, для того чтобы люди знали о существовании аэропорта в Саратове, его истории и деятельности.

Список используемых источников:

1. Ворошилов В.В. Современная пресс-служба. М.: Кнорус, 2009.

2. Официальная страница аэропорта Гагарин с социальной сети «Контакте». Режим доступа: <https://vk.com/gagarin.airport?from=search>.

3. Официальный сайт аэропорта Гагарин. Режим доступа: <https://gsv.aero/about/news/>.

Споттинг как один из инструментов PR-продвижения российских авиакомпаний

Беляева С.В., Щербакова Е.С.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Тараненко А.В.
МАИ, Москва

Актуальность. Авиационный споттинг является одним из современных инструментов PR-продвижения авиационных компаний. Он представляет собой ведение реестра самолетов и других летательных аппаратов, сопровождающийся их фотографированием и видеосъемкой. Первый официальный споттинг в России состоялся в 2005 году в аэропорту города Сургут.

С развитием технологий и социальных сетей споттеры получили возможность делиться своими наблюдениями и фотографиями, что привело к созданию активных групп и сообществ, их объединяющих. Некоторые авиакомпании активно используют этот инструмент для укрепления своего имиджа и повышения узнаваемости бренда. На сегодняшний день споттинг активно развивается как среди любителей авиации, так и среди профессионалов.

Объект исследования – российские авиационные компании.

Предмет исследования – споттинг как один из инструментов PR-продвижения.

Цель работы – проанализировать использования споттинга в качестве PR-инструмента продвижения российских авиакомпаний и разработать рекомендации.

Обзор. Исследованием споттинга занимались такие исследователи, как Быкова В.А., Баргава Р. К сожалению, научных исследований, посвященных споттингу очень мало. В этом и заключается новизна данного исследования.

Исследование. Авиационные споттеры фотографируют самолеты на взлетно-посадочных полосах, стоянках, взлет и посадку самолета, ливреи различных авиакомпаний, авиашоу и выставки, аэропорты, пейзажи с самолетами, интерьеры самолетов. На профессиональном снимке споттера должен быть виден бортовой номер, название авиакомпании и ливрея целиком.

Авторами были изучены примеры кампаний авиакомпаний, которые используют в своем PR-продвижении такой инструмент, как споттинг. Оказалось, что только три отечественных авиакомпании время от времени используют споттинг для своего продвижения:

1. Авиакомпания «Аэрофлот». В 2018 году была реализована программа «Аэрофлоту 95. Праздничный весенний «SVОтинг», которая включала в себя мероприятия для авиационных споттеров – экскурсия по аэропорту и возможность фотографировать самолеты из уникальных точек [2]. Целью программы стало установление крепких связей с авиационным сообществом. Результатом программы явилось распространение споттерами фотографий и своих впечатлений от мероприятия на личных страницах в социальных сетях.

2. Авиакомпания «S7 Airlines», которая проводит мероприятия для споттеров – «S7 Spotting», и организует конкурсы на лучшее фото с самолетами компании. Эти мероприятия

проходят в двух форматах: онлайн и оффлайн. Их цель – привлечь внимания к услугам авиакомпаний. После проведения подобных мероприятий увеличивается вовлеченность пользователей в социальных сетях, что приводит к росту упоминаний о бренде и формированию доброжелательного имиджа среди целевой аудитории.

3. Авиакомпания «Россия» проводит конкурс «Фотоконкурс для споттеров». Участники конкурса могут отправлять свои лучшие фотографии самолетов компании с возможностью выиграть призы. Главной целью подобного мероприятия является повышение узнаваемости бренда. Конкурс позволяет привлекать новых пользователей в социальных сетях и увеличивает количество публикаций о компании. Авторами также было изучены сообщества в социальной сети «ВКонтакте» и Телеграм-канале. Оказалось, что «ВКонтакте» есть группы, посвященные авиации и споттингу, их участники активно делятся информацией о новых самолетах, маршрутах и изменениях в работе аэропортов и авиакомпаний. Количество участников в крупных группах достигает 5-7 тысяч. Телеграм-каналы в основном используются для быстрого обмена информацией о рейсах, задержках и других событиях. Число их подписчиков значительно ниже, чем «ВКонтакте», всего около 3 тысяч. Была проанализирована активность сообществ: в крупных авиационных группах «ВКонтакте» публикуется 1-3 постов в день с высокой вовлеченностью, а в Телеграм-сообщения могут появляться мгновенно, что позволяет быстро реагировать на изменения.

Авторами был проведен опрос с целью узнать, знают ли клиенты авиакомпаний о споттинге и хотели бы они принять в нем участие. В опросе приняли участие 100 человек (женщины и мужчины в возрасте от 18 до 35 лет). Оказалось, что 84% не знают, что такое споттинг. 59% опрошенных заинтересовались этим видом деятельности и 27% выразили желание поучаствовать в споттинге.

Таким образом, российские авиакомпании начали активно использовать такой PR-инструмент продвижения, как споттинг. Данным инструментом в основном пользуются три авиакомпании – Аэрофлот, S7, Россия.

Результаты проведенного опроса показали, что потенциальные клиенты авиакомпаний ничего не знают о споттинге. Авиакомпаниям следует обратить внимание на популяризацию споттинга через социальные сети.

Рекомендации:

1. Распространять больше информации о споттинге среди потенциальных клиентов через социальные сети.
2. Дать разрешение споттерам публиковать свои фотографии на официальных страницах авиакомпаний, что будет создавать чувство вовлеченности.

Список используемых источников:

1. Быкова В.А. Авиационный споттинг как базовое мероприятие событийного туризма// «История и археология». – 2017. – № 1(70) – С. 38-42. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/aviatsionnyy-spotting-kak-bazovoe-meropriyatie-sobytiynogo-turizma/viewer>.
2. Кусков А.С., Джаладян Ю.А. Транспортное обеспечение в туризме. — М. : КНОРУС, 2008. — 368 с.
3. Официальный сайт аэропорта «Внуково». Режим доступа: <https://www.vnuково.ru/ru/ob-aeroporte/press-center/>.
4. Официальный сайт аэропорта Иркутск. Режим доступа: <https://iktport.ru/ru/>.

Исследование скрытой рекламы авиационной промышленности в культуре через призму маркетинга и инновационных PR-технологий

Борщева А.В.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рыбакова Л.В.

МАИ, Москва

1. Актуальность исследования: скрытая реклама в авиационной промышленности является актуальной темой в связи с быстрым развитием аэрокосмического комплекса.

2. Разногласия в оценке: существуют различные мнения о скрытой рекламе в авиационной промышленности, включая позитивные, критические и нейтральные точки зрения.

3. Влияние на восприятие: дискуссии о скрытой рекламе в авиации касаются вопросов её влияния на восприятие, этики и эффективности.

4. Гипотеза исследования: использование современных PR-технологий, таких как виртуальная реальность и коллаборации с влиятельными личностями, может укрепить имидж авиационных брендов в новых культурных продуктах.

5. Метод исследования: контент-анализ является эффективным методом для исследования интеграции авиационных брендов в культурные продукты.

6. Пример анализа: фильм «Миссия невыполнима: Протокол Фантом» является примером интеграции авиационного бренда (Boeing 747) в культурный продукт.

7. Влияние на имидж: Инображение продукта (самолета) в фильме усиливает имидж авиакомпании как части высокотехнологичной и престижной индустрии.

8. Рекомендации: активное использование современных PR-технологий и скрытой рекламы в различных жанрах и на разных платформах может привлечь более широкую аудиторию.

9. Ограниченность исследований: существует ограниченное количество исследований, посвященных непосредственно скрытой рекламе в авиационной промышленности, что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения этой темы.

10. Этические аспекты: необходимо учитывать этические аспекты при использовании скрытой рекламы в авиационной промышленности, чтобы избежать потенциальных искажений и обеспечить прозрачность для потребителей.

Список используемых источников:

1. Баранова М.В. Правовые проблемы саморегулирования в сфере рекламы. / Баранова М.В. // Журнал российского права. – 2009. – №5. Режим доступа: <https://base.garant.ru/5700734/>.

2. Билоткач В. Journal of Air Transport Management. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-air-transport-management>.

3. Делуц Е.С. Product placement как разновидность скрытой рекламы: механизмы воздействия на потребительское поведение / Делуц Е.С. // В сборнике: Перевод, реклама и PR в современной межкультурной коммуникации. Материалы I Всероссийской студенческой научно-практической онлайн-конференции. Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2020. – С. 126 – 134. Режим доступа: https://pureportal.spbu.ru/files/85054045/_PR_2020.pdf.

4. Должиков М.А. Маркетинг в небе. Привлечение и удержание лояльности клиента в 2024 году. / Скиф. // Вопросы студенческой науки. – 2024. – № 1 (89) – С. 140-151.

Брендинг в интернет-пространстве: технологии создания и продвижения на примере авиакомпании Smartavia

Виссарионова В.Н., Анюточкин И.Г.

Научный руководитель — Маркина А.Д.

МАИ, Москва

Брендинг играет ключевую роль в развитии бизнеса, стремящегося укрепить свое положение на рынке. Он представляет собой совокупность маркетинговых стратегий, направленных на создание положительного имиджа компании и формирование устойчивых отношений с клиентами.

Современные цифровые технологии предоставляют новые перспективы для рекламы и продвижения брендов. В связи с этим многие компании активно осваивают методы интернет-брендинга, используя их как один из главных инструментов популяризации своего имени и продукции. В условиях растущей конкуренции в онлайн-пространстве интернет-брендинг становится неотъемлемой частью стратегии любой организации.

Среди технологий, применяемых для создания и продвижения брендов в интернете, можно выделить несколько ключевых направлений:

Визуальная айдентика включает в себя все элементы, помогающие потребителям мгновенно узнавать бренд, такие как фирменное название, логотип, шрифты и цветовая палитра.

Tone of Voice определяет стиль коммуникации компании со своей аудиторией через различные форматы контента – текст, изображения, видео, аудио. Если бренд не обладает четко выраженной манерой общения, его послания могут затеряться среди конкурентов.

Корпоративный веб-сайт – это платформа, с помощью которой компания транслирует свои ценности, философию и уникальные черты. Он должен быть оформлен в соответствии с фирменным стилем, создавая целостный и запоминающийся пользовательский опыт.

Контент-маркетинг и работа в соцсетях (SMM) подразумевают регулярное создание и распространение полезной информации для аудитории, что помогает формировать доверие к бренду.

Партнерские программы и коллаборации способствуют росту узнаваемости и повышению уровня доверия к бренду за счет сотрудничества с другими компаниями.

Smartavia – российский лоукостер, ориентированный на применение передовых цифровых решений в сфере авиаперевозок. Компания позиционирует себя как первый в стране перевозчик smart-формата, предлагающий современные IT-сервисы. В основе бренда лежат принципы разумного потребления и высокий уровень безопасности. До марта 2019 года компания функционировала под названием «НордАвиа». С целью повышения конкурентоспособности и расширения присутствия на рынке в 2019 году был запущен процесс ребрендинга.

Визуальная айдентика. Прежнее название авиакомпании – «НордАвиа» – не отражало ключевые ценности бренда, а лишь подчеркивало географическую специфику маршрутов. В ходе ребрендинга было выбрано новое имя – Smartavia, которое акцентирует внимание на технологичности, удобстве и инновационном подходе к организации авиаперевозок.

Tone of Voice. До проведения ребрендинга стиль коммуникации с аудиторией оставался исключительно официальным. Однако с изменением позиционирования компании тональность общения стала более открытой и дружелюбной. Теперь бренд выстраивает диалог с клиентами на равных, но при этом сохраняет уважительный стиль взаимодействия, что соответствует его основной концепции – создание комфортного опыта для пассажиров.

Веб-сайт. Ранее официальный сайт компании имел стандартный дизайн без выраженных отличительных черт, с ограниченным функционалом и минимальным объемом контента, преимущественно посвященного истории авиаперевозчика. После ребрендинга сайт приобрел яркое визуальное оформление в фиолетово-коралловой гамме, соответствующее новой фирменной стилистике.

Контент-маркетинг и SMM. До смены бренда авиакомпания не использовала социальные сети и не имела налаженной системы обратной связи с клиентами. Весь контент ограничивался новостным разделом на сайте. После преобразования в Smartaviaкомпания начала активно взаимодействовать с аудиторией во всех крупных российских соцсетях.

Партнерские проекты. Если ранее «НордАвиа» не вела партнерскую деятельность, то после ребрендинга Smartavia стала активно развивать сотрудничество с крупными цифровыми сервисами. Среди них – онлайн-кинотеатр PREMIER и платформа ЛитРес, благодаря которым пассажиры получили доступ к дополнительным развлечениям во время полетов.

Бренд формирует в сознании потребителей целостное представление о компании и ее ценностях.

Список используемых источников:

1. Клюева Е. Интернет-брендинг как инструмент маркетинговых коммуникаций // ТРАЕКТОРИЯ НАУКИ. 2015. № 2-3. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_25202938_33401925.pdf (дата обращения: 15.11.2024).

2. Хашкевич А. Н., Пьянков В. В. Брендинг [Электронный ресурс]: учебное пособие. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2023.

145 с. Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Hackelevich-Pyankov-Brending.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).

3. «Нордавиа» сменила название на Smartavia. interfax.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/655007> (дата обращения: 11.11.2024).

4. Официальный сайт Smartavia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://flysmartavia.com/> (дата обращения: 11.11.2024).

Особенности использования мягкой силы для продвижения бренда Российской Авиационной компании

Габидулина Я.М., Крупская А.С.

РАНХиГС, Москва

1. Определение мягкой силы: мягкая сила включает в себя использование культурного, образовательного и дипломатического влияния для формирования положительного имиджа и продвижения бренда в международной перспективе.

2. Значимость мягкой силы для авиационной отрасли: в условиях высокой конкуренции на мировом рынке авиастроения, мягкая сила становится ключевым инструментом для создания привлекательного образа компании и её продуктов.

3. Методы применения мягкой силы:

- Участие в международных авиационных выставках и форумах для демонстрации передовых технологий и укрепления международных связей.

- Организация культурных мероприятий и программ обмена для формирования положительных ассоциаций с брендом.

- Кросс-культурное сотрудничество с зарубежными учебными заведениями для подготовки квалифицированных кадров и создания инновационных решений.

4. Кейс-стадии успешного применения: рассмотрение примеров успешного использования мягкой силы в практике Российской Авиационной компании, включая позитивный медийный охват, международные партнерства и программы сотрудничества с другими странами.

5. Формирование доверительных отношений: мягкая сила помогает создавать долгосрочные, доверительные отношения с клиентами и партнерами, ведущие к успешной коммерческой деятельности и укреплению репутации компании.

6. Проблемы и вызовы: необходимость преодоления стереотипов и предвзятости, связанных с российским авиапромом, а также разработка эффективных стратегий коммуникации и маркетинга.

7. Рекомендации для внедрения:

- Разработка комплексной стратегии использования мягкой силы, включающей как внутренние, так и внешние аспекты.

- Оценка эффективности применяемых методов и адаптация стратегий в зависимости от изменений на международной арене.

- Увеличение взаимодействия с общественностью через социальные сети и цифровые платформы для более широкой аудитории.

8. Заключение: мягкая сила является важным компонентом стратегии продвижения бренда Российской Авиационной компании, способствующая повышению её конкурентоспособности и укреплению позиций на международной арене. Применение данной концепции может помочь компании не только в продаже продукции, но и в создании положительного имиджа Российской авиационной отрасли в целом.

Список используемых источников:

1. Nye, J. S. (2004). «Soft Power: The Means to Success in World Politics». PublicAffairs.

2. Ries, A., & Trout, J. (2000). The 22 Immutable Laws of Marketing: Violate Them at Your Own Risk. Harper Business.

3. Объединённая авиастроительная корпорация: [сайт]. URL: <https://uacrussia.ru/ru/>.

4. World defense show: [сайт]. URL: <https://www.worlddefenseshow.com/en>.

5. МАК: [сайт]. URL: <https://aviasalon.com>.

Визуальные коммуникации в системе информирования пассажиров Международного аэропорта Шереметьево

Горбась А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. В настоящее время, когда уровень конкуренции очень высок, компаниям приходится искать новые способы для повышения внимания потенциальных потребителей к своей продукции и услугам, а также для удержания постоянных клиентов. Современные аэропорты, представляющие собой крупные транспортные предприятия, активно применяют различные визуальные элементы для удобства и обеспечения связи со своими посетителями. В условиях растущего пассажиропотока и повышения требований к качеству обслуживания, аэропорты становятся не только транспортными узлами, но и многофункциональными пространствами, где комфорт и своевременное информирование пассажиров являются критически важными аспектами. Изучение их роли в системе информирования не только позволит оценить текущую эффективность, но и выявить пути повышения качества обслуживания пассажиров в условиях крупных транспортных узлов.

Объект исследования – международный аэропорт Шереметьево (МАШ).

Предмет исследования – визуальные коммуникации МАШ.

Цель данного исследования – оценить роль визуальных коммуникаций в системе информирования пассажиров аэропорта Шереметьево.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие визуальные средства информирования в аэропорту Шереметьево и отношение пассажиров к ним.

2. Разработать рекомендации по оптимизации системы визуальных коммуникаций для повышения качества обслуживания пассажиров в МАШ.

Новизна исследования заключается в том, что до сегодняшнего времени никто из современных исследователей не изучал визуальные коммуникации аэропортов.

Исследование. Международный аэропорт Шереметьево является крупнейшим аэропортом России по объемам пассажирских и грузовых перевозок, а также он входит в ТОП-5 самых крупных аэропортов-хабов Европы.

Автором был проведен мониторинг использования визуальных коммуникаций аэропортом в мае-апреле 2024 года, который показал, что основными направлениями и инструментами визуальной коммуникации аэропорта являются:

1. Навигация по зонам аэропорта: крупные информационные табло с четким разделением по стойкам регистрации, навигационные таблички с пиктограммами (зоны вылета С и D); информационные стойки и специальные медиа-панели, на которых выводится информация с указанием направления (зона паспортного контроля).

2. Информация о рейсах: информационные поверхности, выделенные определенным цветом и подсветкой и выполнены в едином стиле; пиктограммы самолетов; мультимедийные экраны со статусами рейса, оформленные фотографиями с видами городов и устроенными так, что всю главную информацию пассажир считывает издали.

3. Обслуживание и удобство: киоски саморегистрации с единым стилем оформления; таблички и баннеры с информационными материалами по услугам sky lounge, бизнес-залам и др.

4. Реклама внутри аэропорта в digital-формате: современные динамичные конструкции; статичные носители (экспонирование автомобилей, крупногабаритных конструкций); реклама на световых коробах, баннерах – реклама туристических услуг, новой техники, товаров, которые предлагают и кафе, размещенные внутри аэропорта.

Для оценки визуальных коммуникаций аэропорта Шереметьево был проведен анализ отзывов посетителей за март-октябрь 2024 года по данным с порталов otzovik.ru и Яндекс карты. Всего было проанализировано около 500 отзывов. Анализ показал, что посетители в целом довольны новым оформлением внутри помещений МАШ, которое значительно облегчило навигацию внутри аэропорта. Но все же остались два аспекта, которые требуют доработки: понятность и доступность навигации при перемещении между терминалами, а не

только внутри них; необходимо сделать упор в создании информационных табло на их функционал, а не на дизайн.

Таким образом, данное исследование показало, что визуальная коммуникация играет ключевую роль в современных аэропортах, обеспечивая навигацию, информирование пассажиров и безопасность. Важно, чтобы информация была доступна и понятна, учитывая особенности пассажиропотока и большие расстояния, которые пассажиры должны преодолеть за ограниченное время.

Исследование показало, что основными направлениями визуальных коммуникаций МАШ являются навигация по зонам аэропорта, информация о рейсах, обслуживание и удобство, реклама внутри аэропорта в digital-формате. Анализ отзывов пассажиров показал положительную оценку визуальной коммуникации, а также выявил две ее слабые стороны – навигация между терминалами и преобладание дизайна над функционалом.

Рекомендации:

1. Наладить систему переходов между секциями, используя для этого такие инструменты визуальной коммуникации, как: таблички-указатели, планы этажей, доски, информационные пилоны, таблички на двери, стеллы, стенды и т.д.

2. Разместить на территории аэропорта рекламодатели, на которых будет информация о страницах МАШ в социальных сетях, где можно найти ссылки на схемы территории аэропорта, на бронирование места на парковке и т.д.

Список используемых источников:

1. Иванова Н.А. Брендинг как инструмент коммуникационной деятельности аэропорта// Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2023. – №4. – С.57-60. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/brending-kak-instrument-kommunikatsionnoy-deyatelnosti-aeroporta> (дата обращения: 12.11.2024).

2. Станишевская Л.С., Левковская Е. С. Визуальные коммуникации в дизайне: учебно-методическое пособие. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2017.

3. Официальный сайт аэропорта Шереметьево [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.svo.aero/ru/main> (дата обращения: 17.01.2025).

4. Шереметьево. Проект студии Артемия Лебедева [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.artlebedev.ru/svo/> (дата обращения: 16.11.2024) и др.

Особенности рекламы метапоисковика «Авиасейлс»

в диджитал-пространстве

Даниелян Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Поисковик «Авиасейлс» является молодой и динамично-развивающейся компанией. Она была основана предпринимателем Константином Калиновым в 2007 году.

Основными видами онлайн рекламы, который использует поисковик, являются рекламные баннеры-граффити, плакаты и постеры с различными креативными надписями, которые размещают около или в здании аэропортов.

В диджитал-пространстве «Авиасейлс» размещает рекламные сообщения, кроме официального сайта, преимущественно на социальных платформах в разных форматах. Бренд активно ведет такие социальные сети, как ВКонтакте, Телеграм, Дзен, Одноклассники.

Контент «Авиасейлс» в социальных сетях адаптирован под формат социальной платформы. Бренд выделяется на фоне других компаний с помощью tone of voice. Метапоисковик общается на понятном для аудитории ее языке. Например, на страницах во ВКонтакте и Телеграм публикуются текстовые материалы, сопровождающиеся актуальной картинкой. Тематики таких постов могут варьироваться: от занимательных фактов о курортных местах до креативной публикации, которая содержит ссылку на сайт.

«Авиасейлс» также использует такой формат в социальных сетях, как видеорекламу, в которой используются фирменные синие и белые цвета с контрастно желтым оттенком. В конце рекламного видеоролика обычно показан белый логотип на синем фоне.

Для определения эффективности рекламы метапоисковика в диджитал-пространстве автором был проведен опрос, в котором приняло участие 37 человек, в возрасте от 19 до 25 лет. Оказалось, что 54,1% опрошенных пользовались услугами «Авиасейлс». Чаще всего респонденты встречаются с рекламой «Авиасейлс» в социальных сетях (64,9%), 18,9% у инфлюенсеров. 35,1% респондентов предпочитают читать рекламу «Авиасейлс» в Телеграм, 10,8% респондентов видели рекламу во ВКонтакте. Часто с рекламой метапоисковика встречается 48,6%, иногда 32,4%. 45,9% участников удовлетворяет качество рекламных сообщений.

У 32,4% респондентов реклама «Авиасейлс» «практически не влияет» на их выбор при покупке билета, у 18,9% – «совсем не влияет», и только у 13,5% влияет очень сильно.

Респонденты отмечают, что хотели бы видеть в рекламе «Авиасейлс» (45,9%) специальные предложения, акции и скидки, 13,5% – сравнение цен на авиабилеты, отзывы – 10,8%, 8,1% – информацию о направлениях и авиакомпаниях.

Таким образом, современные компании, связанные с авиационной отраслью, активно продвигают свою рекламу в диджитал-пространстве. Метапоисковик «Авиасейлс» использует для этого официальный сайт и социальные платформы ВКонтакте, Телеграм, Дзен, Одноклассники. Основными форматами рекламы являются видеоролики, текстовые материалы, иллюстрации. К особенностям следует отнести то, что для каждой социальной сети «Авиасейлс» публикует вид постов, который наиболее актуален для конкретной платформы.

По итогам проведенного опроса можно сделать вывод, что реклама «Авиасейлс» широко представлена в Интернете и ее невозможно не заметить. Однако много потенциальных потребители не подвержены ее влиянию при выборе компании для покупки билета. Участники опроса хотели бы видеть в рекламных сообщениях информацию о специальных акциях и маршрутах авиакомпаний, сравнение цен на билеты, отзывы покупателей.

Список используемых источников:

1. Дмитриев И.А. Интернет-реклама: определения, виды, оценка эффективности // Экономика и социум. – 2018. – № 6 (49). – С. 369-372. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-reklama-opredelenie-vidy-otsenka-effektivnosti?ysclid=m7aouijxm4321937809>.

2. Файков Д.Ю., Файкова С.Д. Построение брендов поисковых систем с помощью социальных сетей: теоретические и практические аспекты // Естественно-гуманитарные исследования. – 2021. – № 44(6). – С. 471-477. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-brendov-poiskovyh-sistem-s-pomoschyu-sotsialnyh-setey-teoreticheskie-i-prakticheskie-aspekty/viewer>.

3. Официальная страница метапоисковика «Авиасейлс» в «ВКонтакте». Режим доступа: <https://vk.com/aviasales>.

4. Телеграмм-канал метапоисковика «Авиасейлс». Режим доступа: [i.avsaio/Ib1aS_30](https://t.me/avsaio).

Телеграм-канал «МАИ x 10» как инструмент продвижения Института иностранных языков МАИ

Декина И.О.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. В настоящее время многие высшие образовательные учреждения продвигают свои услуги через социальные сети и мессенджеры, используя для этого разные PR-инструменты. Одной из популярных площадок продвижения вузов стал Телеграм-канал.

Следует особо отметить, что часто продвижением в социальных сетях занимаются структурные подразделения вузов (факультеты и институты). Информирова о своей деятельности преподавателей, студентов, родителей абитуриентов и абитуриентов, они улучшают свой имидж, повышают узнаваемость, укрепляют свою репутацию. Не является исключением и институт иностранных языков (ИИЯ) МАИ, у которого есть свой Телеграм-канал «МАИ x 10».

Объект изучения – Телеграм-канал «МАИ x 10» института иностранных языков.

Предмет изучения – инструменты PR-продвижения Телеграм-канала «МАИ x 10» среди его целевой аудитории.

Цель исследования заключается в анализе использования PR-инструментов продвижения и оценке эффективности ведения Телеграм-канала среди студентов, сотрудников и абитуриентов ИИЯ МАИ.

Обзор литературы. Изучением особенностей продвижения организаций в Телеграме занимались такие исследователи, как: Вьюгина Д.М., Дунас Д.В., Олешкевич В.В., Фирсова Т.Г.

Новизна работы заключается в том, что до настоящего времени не было научных исследований, посвященных Телеграм-каналу ИИЯ МАИ.

Исследование. Телеграм-канал «МАИ x 10» был создан в рамках студенческой проектной инициативы. Администраторами и контент-менеджерами страницы являются студенты ИИЯ МАИ, обучающиеся по специальности «Реклама и связи с общественностью». Автором был проведен мониторинг Телеграм-канала в период с 15 ноября по 15 декабря 2024 года.

Анализ показал, что основными рубриками канала являются такие, как: «CountryФакт» о страноведении, «Career» о карьере, «TRANSLATEit» для студентов направления «Лингвистика», викторины, «Слово недели» с терминами из областей рекламы, связей с общественностью и лингвистики.

Среди используемых администраторами канала инструментов следует отметить пресс- и пост-релизы о событиях Института, информационные поводы (праздники, анонсы события в МАИ и в ИИЯ МАИ, подборки интересных мест Москвы, фильмов, книг для учебы и дополнительного чтения), развлекательные видеоформаты.

Для оформления публикаций в рамках постоянных рубрик авторы используют шаблоны картинок в фирменном стиле, текст оформляется с использованием эмодзи, выделения полужирным шрифтом цитат, разговорный стиль речи. Все это помогает привлечь внимание читателей, способствует двустороннему опосредованному общению между авторами и подписчиками, а также обеспечивает легкое восприятие информации. Посты выкладываются с периодичностью 1 пост в день.

Для оценки эффективности работы Телеграм-канала, автором был проведен опрос среди потенциальных и реальных подписчиков в феврале 2025 года. В опросе приняли участие 50 человек, из которых женщин 70,3%, а мужчин 29,7%. Среди респондентов были первокурсники (37,8%), второкурсники (8,1%), третьекурсники (29,7%), четверокурсники (5,4%), сотрудники (8,1%), абитуриенты и их родители (10,8%).

Опрос показал, что абсолютное большинство опрошенных (100%) используют мессенджер «Телеграм», а 96% подписаны на Телеграм-канал «МАИ x 10». 48% респондентов отметили, что читают новости в данном канале с периодичностью 1-3 раза в неделю. Для 52% канал является важным источником информации об ИИЯ МАИ. 54% опрошенных довольны качеством публикуемого контента и считают его высоким.

Наиболее популярными темами публикаций среди опрошенных являются: новости и события ИИЯ МАИ (72%), мероприятия для студентов (66%) и рекомендации по поиску работы (60%). Самыми запомнившимися постами 2024 года стали: «студенты отвечают на школьные вопросы», «фильмы», «корейская неделя», «видеоролик с кошкой из трэшки» и другие.

На вопрос о том, какого контента не хватает в Телеграм-канале «МАИ x 10» респонденты ответили, что стоит ввести рубрики, посвященные направлению «Лингвистика», выкладывать больше развлекательного материала в виде мемов и юмористических видеороликов, а также рассказывать о карьерных перспективах после окончания ИИЯ МАИ, привлекая к этому выпускников и потенциальных работодателей.

Таким образом, Телеграм-канал «МАИ x 10» является важной и эффективной современной площадкой для продвижения ИИЯ МАИ. В нем публикуются новостные материалы о событиях кафедр ИИЯ, а также полезная и развлекательная информация для студентов, сотрудников, абитуриентов и их родителей. Наибольшей популярностью

пользуются публикации, состоящие из коротких динамичных видеороликов, а также страноведческая рубрика «CountryФакт».

Рекомендации:

1. Администраторам Телеграм-канала «МАИ x 10» следует чаще публиковать развлекательный контент в формате коротких видеороликов.
2. Нужно более детально освещать события и студенческие мероприятия, проходящие в ИИЯ МАИ.
3. Необходимо ввести новые рубрики, посвященные вопросам карьеры и перспективам трудоустройства студентов, обучающихся по специальностям и «Реклама и связи с общественностью», и «Лингвистика».

Список используемых источников:

1. Вьюгина Д.М., Салихова Е.А., Филаткина Г.С. «Структурные элементы постов новостных каналов в TELEGRAM И VK».
2. Дунас Д.В., Бабына Д.А. «Повестка дня молодежных Телеграм-каналов: тематическое наполнение».
3. Олешкевич В.В. «Телеграм-журналистика: информационные проекты в мессенджерах как новые массмедиа».
4. Фирсова Т.Г., Кошечева О.В. «Жанровое своеобразие официальных Телеграм-каналов высших учебных заведений».

Брендинг в аэрокосмической отрасли: стратегия позиционирования и маркетинга инновационной компании

Загоровская Т.И.

Научный руководитель — Ворсунова А.С.

МАИ, Москва

Актуальность исследования брендинга в аэрокосмической отрасли заключается в том, что этот сектор сталкивается с возрастающей конкуренцией и стремительным технологическим прогрессом. Эффективное позиционирование и маркетинг являются ключевыми факторами для успеха инновационных компаний в этой области.

Методология работы включает анализ стратегий позиционирования и маркетинга, используемых аэрокосмическими компаниями, изучение их визуальной идентичности, контент-маркетинга и PR-стратегий. Также проводится сравнительный анализ успешных кейсов и обобщаем результаты для выявления наиболее эффективных подходов.

Целью исследования является обоснование важности стратегического позиционирования и маркетинга для аэрокосмических компаний в условиях современной конкуренции и как эти стратегии могут повысить узнаваемость бренда, привлечь новых клиентов и инвесторов.

Новизна исследования заключается в том, что впервые проводится комплексный анализ стратегий позиционирования и маркетинга в аэрокосмической отрасли. Это позволяет выявить наиболее эффективные подходы и рекомендации для компаний, стремящихся укрепить свои позиции на рынке.

Обзор научных публикаций показывает, что на данную тему активно проводятся исследования, но существует потребность в более глубоком анализе стратегий позиционирования и маркетинга в аэрокосмической отрасли. Данное исследование направлено на заполнение этого пробела и предоставление практических рекомендаций для бизнеса. Так, в работах Петренко Ю. А., Бетева А. Н., Червинского дана оценка эффективности брендинга в аэрокосмической отрасли. Статья Петренко Ю. А., [1] посвящена совершенствованию маркетинговой стратегии авиационной компании. Специфика маркетинговых коммуникаций предприятий космической отрасли рассматривается в исследовании Внукова Н. Я., Данильченко Ю. В. [2]. Об особенностях развития авиационной промышленности в России повествует статья Суркова Е. В., Данилина М. В., Литвинова А. Н. [3].

Исследователи считают проблему эффективного брендинга в аэрокосмической отрасли значимой, особенно в условиях современных технологических достижений. Однако данная тема применительно к стратегиям позиционирования и маркетинга инновационных аэрокосмических компаний не была достаточно глубоко изучена.

С развитием современных технологий, таких как цифровой маркетинг и социальные сети, работа по созданию сильного бренда в аэрокосмической отрасли заметно усложнилась. Существуют мнения о том, что компании должны активно использовать эти инструменты для укрепления своей позиции на рынке и привлечения новых клиентов и инвесторов.

Данное исследование заключалось в анализе стратегий позиционирования и маркетинга, используемых инновационными аэрокосмическими компаниями, такими как SCAT, MC-21 и Аэрофлот Техникс. Был проведен сравнительный анализ их подходов к созданию уникального бренд-образа, использованию социальных сетей и участия в отраслевых мероприятиях.

В исследовании использовались примеры успешных маркетинговых кампаний и PR-стратегий, которые помогли этим компаниям укрепить свои позиции на рынке. Также был проанализирован опыт международных компаний, таких как SpaceX и Boeing, для выявления наиболее эффективных подходов к брендингу в аэрокосмической отрасли.

Таким образом, эффективность позиционирования и маркетинг играют решающую роль в успехе аэрокосмических компаний, особенно в условиях современной конкуренции. Использование цифровых технологий и социальных сетей способствует укреплению бренда, привлечению новых клиентов и инвесторов. Однако, несмотря на стремительное развитие технологий, человеческий фактор остается незаменимым в создании и продвижении бренда, обеспечивая точность и качество коммуникации с аудиторией.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Петренко Ю. А., Бетев А. Н., Червинский В. Г. Совершенствование маркетинговой стратегии авиационной компании //Символ науки. – 2021. – №. 4. – С. 74-75. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-marketingovoy-strategii-aviatsionnoy-kompanii>.

2. ГОСТ Внукова Н. Я., Данильченко Ю. В. Специфика маркетинговых коммуникаций предприятий космической отрасли //Сибирский аэрокосмический журнал. – 2009. – №. 2. – С. 387-391. <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-marketingovyh-kommunikatsiy-predpriyatiy-kosmicheskoy-otrasli>

3. ГОСТ Суркова Е. В., Данилина М. В., Литвинов А. Н. Особенности развития авиационной промышленности в России //ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА. – 2016. – С. 91-93. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27489347>.

Внедрение искусственного интеллекта в работу приёмной комиссии Института иностранных языков

Иванова П.А.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Рост числа абитуриентов и необходимость повышения эффективности работы приёмных комиссий делают внедрение искусственного интеллекта актуальной задачей. Искусственный интеллект способен автоматизировать ключевые этапы отбора, включая анализ заявок, проверку документов и оценку мотивационных писем. Применение методов машинного обучения и обработки естественного языка (NLP) позволяет не только ускорить обработку данных, но и прогнозировать успешность поступающих на основе их академических достижений и личных характеристик.

Автоматизация приёмного процесса снижает влияние субъективных факторов, повышает объективность решений и минимизирует возможные ошибки. Однако использование искусственного интеллекта в образовательных учреждениях связано с рядом вызовов, таких как вероятность алгоритмических ошибок, необходимость соблюдения

этических норм и защита персональных данных абитуриентов. Опыт зарубежных и отечественных вузов показывает, что внедрение ИИ-технологий способствует повышению прозрачности процесса поступления и его адаптации к современным цифровым условиям. Вместе с тем сокращение личного общения между поступающими и комиссией может стать недостатком, который следует учитывать при разработке системы.

Перспективы развития искусственного интеллекта в образовательной сфере включают не только автоматизацию отбора, но и создание индивидуальных образовательных траекторий, адаптированных под способности и потребности студентов. Важно найти баланс между технологиями и человеческим участием, чтобы обеспечить справедливый, эффективный и удобный процесс приёма в высшие учебные заведения.

Список используемых источников:

1. Вислова А.Д. Современные тенденции развития искусственного интеллекта//Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – № 2 (94). – 2020. – С.14-28.
2. Марков И.Д., Панов А.В. Искусственный интеллект. Перспективы развития.//European Journal of Natural History. – 2022. N 2 – С. 71-75.
3. Шевченко Д.А., Крюкова Е.М. Зеленов В.В., Голстян В.В. Использование возможностей искусственного интеллекта в рекламе//Практический маркетинг. – 2024. 1(319). – С.60-64.

Роль цифровых медиа в продвижении аэрокосмических компаний на международном рынке

Каралюнец К.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность. В условиях глобальной конкуренции и геополитических особенностей, аэрокосмические компании сталкиваются с проблемой недостаточной эффективности традиционных методов продвижения для выхода на международный рынок. Географические и политические барьеры ограничивают возможности взаимодействия с глобальной аудиторией, что делает цифровые медиа ключевым инструментом для преодоления этих препятствий и адаптации к современным условиям.

Цель. Оценить роль цифровых медиа в продвижении аэрокосмических компаний на международном рынке.

Новизна. Изучены механизмы в процессе продвижения предприятий аэрокосмического комплекса на мировой рынок и разработаны рекомендации по совершенствованию данного процесса в России.

Методы. Дедукция, анализ, контент-анализ, кейс-стади.

Обзор: проблема влияния цифровых медиа на продвижение предприятий аэрокосмической отрасли изучалось среди исследований на процесс продвижения продукции на мировой рынок. Выделены исследования таких авторов, как Ласточкин Р. К., Сокеран А.А., Поляков М., Ракицкая К. В., Вечкинзова Е. А., Стеблякова Л. П.

В исследовании используются следующие понятия: цифровые медиа – электронные платформы для распространения информации, продвижение – комплекс маркетинговых действий для повышения узнаваемости бренда, социальные сети – онлайн-платформы для взаимодействия пользователей; лидеры мнений – публичные личности, влияющие на аудиторию; таргетированная реклама – реклама, направленная на конкретные сегменты аудитории.

В ходе исследования было установлено, что цифровые медиа помогают аэрокосмическим компаниям преодолевать географические барьеры и выходить на международную аудиторию. NASA публикует новости миссий в социальных медиа [4], SpaceX транслирует запуски космических аппаратов, привлекая миллионы просмотров [2]. «ОАК» и «Роскосмос» используют сайты и соцсети для информирования целевых аудиторий. Двухязычный сайт у «ОАК» (русский и английский) упрощает взаимодействие с глобальной аудиторией [4], а сайт МАИ представлен ещё и на китайском.

«Роскосмос» и «ОАК» используют цифровые медиа в информационных, образовательных и развлекательных целях. Это создает положительный имидж инновационной, социально-ориентированной компании [4]. Сайты аэрокосмических корпораций предоставляют разнообразную информацию, официальных сведений до научно-познавательных статей, но навигация их сайтов затруднена. Virgin Galactic продвигает космический туризм через зарубежные медиа, используя повествование для привлечения клиентов [2].

В процессе исследования было выявлено, что лидеры мнений влияют на имидж отрасли. Космонавт Олег Артемьев с 2,4 млн подписчиков популяризирует «Роскосмос» [3]. Virgin Galactic сотрудничает со знаменитостями для узнаваемости [2], Илон Маск продвигает SpaceX через зарубежные медиа, собирая миллионы просмотров [2].

Компании сегментируют рынок и таргетируют рекламу. Virgin Galactic ориентируется на состоятельных клиентов через зарубежные медиа [2], SpaceX привлекает инвесторов на международных платформах [2]. «ОАК» и «Роскосмос» транслируют видео в соцсетях, но низкая таргетированность снижает их эффективность [4].

Выводы и рекомендации

Цифровые медиа позволяют повысить интерес к высокотехнологичной продукции B2B, обеспечивают глобальный охват и формирование сильного бренда, повышения известности продукции организации. NASA и SpaceX лидируют благодаря зарубежным медиа и инновациям. Российским предприятиям в аэрокосмической сфере в целом удастся использовать цифровые медиа, однако им требуется усовершенствовать технологии их использования, придумать гибкие стратегии для продвижения, расширить языковой диапазон для расширенного доступа к международной аудитории, а также необходимо упростить навигацию по официальным сайтам.

Список используемых источников:

1. Ласточкин Р. К., Сокеран А.А. Анализ медиаактивности деятельности государственной корпорации «Роскосмос» в СМИ // Гуманитарный вестник. 2020. №3 (83).
2. Поляков М. Конец монополии NASA, космический туризм и расцвет частных компаний.
3. Ракицкая К. В., Вечкинзова Е. А., Стеблякова Л. П. Маркетинговые аспекты программы продвижения космических исследований в молодежной среде // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 8. С. 2807-2828.
4. 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. Т. 13, № 8. С. 2783-2806.

Особенности проведения коммуникационной кампании Aviasales

Клепиков Г.А.

Научный руководитель — доцент, Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

В современном мире цифровой маркетинг развивается стремительными темпами, а конкуренция среди онлайн-сервисов становится все более интенсивной. В таких условиях важно не только предоставлять качественные услуги, но и выстраивать эффективные коммуникации с аудиторией, формируя эмоциональную связь и обеспечивая высокий уровень вовлеченности пользователей. Aviasales демонстрирует инновационный подход к взаимодействию с клиентами, сочетая юмор, ситуативный маркетинг, сотрудничество с блогерами и адаптацию контента под специфику различных платформ.

Основной целью данной работы является детальный анализ коммуникационной стратегии Aviasales, а также оценка ее эффективности в привлечении и удержании аудитории. В рамках исследования будут изучены ключевые инструменты маркетинговых коммуникаций, используемые компанией, и их влияние на вовлеченность пользователей и продвижение бренда.

Для достижения поставленных целей в исследовании применяется комплексный методологический подход, включающий анализ открытых источников, изучение контента официальных социальных сетей Aviasales, а также обзор публикаций в профильных СМИ и маркетинговых платформах. Дополнительно рассматриваются успешные кейсы бренда и их влияние на позиционирование компании в цифровой среде.

Основные элементы коммуникационной стратегии Aviasales

Одним из ключевых аспектов стратегии Aviasales является использование неформального стиля общения, что позволяет бренду выделяться среди конкурентов. Такой подход создает эффект близости с аудиторией, укрепляет эмоциональную связь и повышает узнаваемость. Использование мемов, шуток и остроумных высказываний делает бренд более запоминаемым и вовлекает пользователей в активное взаимодействие.

Не менее важным элементом является адаптация контента под различные платформы. Aviasales разрабатывает уникальные форматы взаимодействия для каждой социальной сети, что повышает отклик аудитории. Например, Twitter используется для тестирования новых идей и юмористических постов, а успешные форматы переносятся на другие каналы, что позволяет компании находить оптимальные способы коммуникации.

Ситуативный маркетинг играет значительную роль в стратегии бренда. Быстрая реакция на актуальные события позволяет Aviasales оставаться в центре внимания и привлекать новую аудиторию. Моментальное реагирование на мировые новости с помощью ироничных и креативных публикаций способствует вирусному распространению контента.

Сотрудничество с блогерами и инфлюенсерами является еще одним важным инструментом продвижения. Партнерство с лидерами мнений позволяет Aviasales расширять охват, повышать уровень доверия к бренду и привлекать новые сегменты аудитории. Интеграции с известными тревел-блогерами способствуют увеличению вовлеченности пользователей и стимулируют спрос на услуги компании.

Использование пользовательского контента помогает формировать лояльное сообщество вокруг бренда. Поощрение клиентов к созданию и публикации контента, связанного с путешествиями, делает коммуникацию более естественной. Размещение фотографий, отзывов и историй путешественников на официальных платформах Aviasales способствует усилению доверия к бренду.

Партнерская программа является важным элементом стратегии расширения присутствия в цифровом пространстве. Предоставление партнерам маркетинговых инструментов, таких как реферальные ссылки, баннеры и поисковые формы, увеличивает охват аудитории и способствует росту трафика на платформе.

Наконец, постоянный анализ данных и корректировка стратегии делают маркетинговые кампании Aviasales более эффективными. Оценка ключевых метрик вовлеченности, тестирование различных форматов контента и адаптация стратегий на основе аналитики позволяют компании поддерживать высокий уровень взаимодействия с пользователями и улучшать коммуникацию.

Список используемых источников:

1. Анализ рекламных кампаний Aviasales, textterra.ru.
2. Подкаст с руководителем контент-маркетинга Aviasales, adpass.ru.
3. Романов А.А., Панько А.В. «Маркетинговые коммуникации» Эксмо, 2006.С. 35 – 40.
4. Лашкова Е.Г., Куценко А.И. «Организация и проведение коммуникационных компаний» Издательский центр «Академия», 2014. С. 51-59.

Брендинг авиакомпаний: влияние имиджа на конкурентоспособность

Коновалова В.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Современный рынок авиаперевозок характеризуется высокой конкуренцией, где наряду с экономическими факторами ключевую роль играет имиджевая составляющая. Формирование положительного бренда авиакомпании оказывает непосредственное влияние на потребительские предпочтения, уровень доверия пассажиров и, следовательно, на

конкурентоспособность перевозчика. В условиях глобализации и цифровизации брендинг авиакомпаний трансформируется, принимая новые виды и стратегии, которые требуют глубокого анализа и адаптации.

В последние десятилетия наблюдается значительное усиление конкуренции среди авиаперевозчиков как на международном, так и на региональном уровнях. Пассажиры становятся более требовательными к качеству услуг, безопасности и уровню сервиса, а лояльность клиентов все чаще зависит не только от стоимости билетов, но и от эмоционального восприятия бренда. Таким образом, эффективный брендинг становится неотъемлемым инструментом в достижении устойчивого успеха на рынке.

Имидж авиакомпании оказывает влияние на несколько ключевых факторов, определяющих ее конкурентоспособность. Во-первых, он способствует формированию эмоциональной привязанности и лояльности клиентов, что снижает отток пассажиров к конкурентам. Во-вторых, репутация и доверие, связанные с брендом, формируют представление о надежности и безопасности авиаперевозчика, что особенно важно в данной отрасли. В-третьих, с развитием цифровых технологий диджитал-брендинг и управление имиджем в социальных сетях приобретают все большее значение, так как информация о компании распространяется мгновенно и влияет на восприятие потребителей. Кроме того, брендинг включает не только маркетинговые стратегии, но и качество сервиса на всех этапах взаимодействия с клиентами – от бронирования билетов до обслуживания на борту. Важную роль также играют инновации и устойчивое развитие: авиакомпании, ориентированные на экологические инициативы и технологические улучшения, создают положительное восприятие у аудитории и укрепляют свои позиции на рынке.

Имидж авиакомпании является стратегическим активом, который влияет на ее рыночные позиции и прибыльность. В современных условиях успешные бренды строятся на сочетании качественного сервиса, надежности, цифровых технологий и эффективных коммуникационных стратегий. Оптимизация брендинга позволит авиаперевозчикам не только удерживать свою аудиторию, но и привлекать новых клиентов, укрепляя свои позиции на глобальном рынке.

Список используемых источников:

1. Тутуров С.А. Ребрендинг авиакомпании как составляющая успеха коммерческой деятельности. //Научный вестник МГТУ ГА, 2005 №88(6).
2. Патрушева Д.В. Репозиционирование бренда авиакомпании «Уральские авиалинии» с учетом территориальных особенностей г. Санкт-Петербург и г. Новосибирск. //Сборник трудов студентов и аспирантов УрФУ, 2016, с. 69-74.
3. Петрова Е.В. Маркетинг и управление брендом в региональной авиации. //Вестник Казанского государственного технического университета, 2018. №4, с. 56-62.
4. Сомов А.Д. Развитие рекламной деятельности в системе маркетинговых коммуникаций на предприятиях авиационной отрасли.// Маркетинг и логистика, 2014 №3, с. 45-53.

Продвижение ракетно-космической отрасли среди молодых специалистов путем интеграции маркетинговых и PR-инструментов

Курбакова В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондрашева Н.Н.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Одним из преимущественных направлений развития и продвижения в России на период с 2023 по 2026 годы является авиационно-космическая отрасль. Это обуславливается важностью направления в отношении экономики страны и стремлением государства обеспечить стабильность и технологический суверенитет, отражаемый в виде технологий и наработок данной сферы. В виду данной направленности развития возникает проблема продвижения ракетно-космической отрасли среди молодых специалистов и ученых, которые являются ключевым механизмом для активного развития и внедрения новшеств. Поэтому интеграция маркетинговых и PR-инструментов является актуальной и необходимой.

Процесс продвижения ракетно-космической отрасли должен быть ориентирован в первую очередь на актуализацию потенциала данного направления на будущее десятилетие, то есть на формирование видения данной отрасли, как непосредственно востребованного авангардного прогресса.

Основным сегментом, в котором заинтересована ракетно-космическая отрасль являются молодые ученые, выпускники вузов, имеющие новые подходы и взгляды на развитие данного направления, и обладающие большими перспективами для дальнейшего продвижения в данной сфере.

Реклама, как один из ключевых маркетинговых инструментов, направлена на привлечение потенциальных специалистов используя возможности интернета, которыми являются, в первую очередь, социальные сети. Они позволяют размещать контент различной сложности и информативности в интересном для молодого поколения формате, например в виде рекламных роликов, раскрывающих специфику ракетно-космической отрасли, а также демонстрирующих преимущества и возможности данного направления.

В процессе развития активной цифровой индустриализации многие направления маркетинговых коммуникаций начали базироваться на PR-инструментах, таких как подкасты, пресс-релизы, открытые пресс-конференции, лекции и форумы. Благодаря этому представление о космосе становятся более реальными, и он воспринимается не как абстрактное понятие, а как конкретный объект исследования.

Интеграция маркетинговых и PR-инструментов ярко демонстрируется через искусство выступающее, как вид популяризации ракетно-космической отрасли. Высокий уровень эмоциональности, присущий ему, способствует увеличению эффективности пропаганды информации, что отражается в формировании определенного мировоззрения у зрителя и конкретного представления ситуации, через внутреннее восприятие, сформированное на основе самостоятельности мышления. На сегодняшний день российским кинематографом было снято множество картин, связанных с космосом, среди которых особое признание приобрели «Гагарин. Первый в космосе» и «Вызов».

Кроме того, за последние пять лет событийный маркетинг также стал в большей степени основываться на интеграции данных инструментов. Это демонстрируется через его ориентацию на ивенты, направленные на глубокое посвящение аудитории в прогрессивность развития ракетно-космической отрасли, путем проведения массовых мероприятий на открытой и общедоступной основе. При этом, активно проводятся рекламные мероприятия, в виде баннеров, плакатов, освещения в СМИ и привлечения ООН-рекламы.

Стоит выделить, что новым приоритетным сегментом, на который в первую очередь ориентированы маркетинговые коммуникации в области развития ракетно-космического комплекса, на сегодняшний момент, являются школьники. Для увеличения их осведомленности о данной индустрии и повышения интереса к ней, при поддержке Роскосмоса был создан образовательный портал «Ключ на старт». При помощи рекламных роликов и агитации школьников и их родителей путем организации специализированных проектов и мероприятий, данная платформа приобрела большую популярность.

Для большей эффективности работы маркетинговых и PR-инструментов как основы привлечения молодых специалистов в ракетно-космическую отрасль предлагается разработка мероприятий, сегментированных на детей дошкольного возраста. Это позволит с детства привлекать интерес юного населения через настольные, групповые или компьютерные игры и детские познавательные энциклопедии. Также, внедрение небольших анимационных фильмов, связанных с космическими открытиями и проведение интерактивных занятий в детских садах, повлечет рост интереса к данной отрасли и выявление юных и талантливых детей, которые впоследствии потенциально могут стать специалистами или учеными, связанными с востребованным направлением.

Таким образом, интеграция маркетинговых и PR-инструментов в области продвижения ракетно-космической отрасли среди молодых специалистов имеет большую важность за счет их взаимодополнения, обеспечивающего усиление эффективности маркетинговых коммуникаций.

Список используемых источников:

1. Основы маркетинга: профессиональное издание / Филип Котлер, Гари Армстронг; [пер. с англ. О. Л. Пеляевского и А. В. Назаренко]. – 12-е изд. – Москва [и др.] : Вильямс, 2009. – 1067 с. : ил., табл.; 24 см. – (Всемирный бестселлер); ISBN 978-5-8459-1466-8 (в пер.).
2. Интегрированные маркетинговые коммуникации: учебник и практикум для вузов / Е. Н. Голубкова. - 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: издательство Юрайт, 2025. – 363 с.
3. Технологии и методы PR-продвижения информационных ресурсов. Вводный курс: учебное пособие / О. Г. Филатова. – Санкт-Петербург: издательство Итмо, 2012. – 73 с.

Роль микроинфлюенсеров и диверсификация контента в продвижении аэрокосмических брендов

Михалева У.А.

Научный руководитель — Ворсунова А.С.

МАИ, Москва

Аэрокосмическая отрасль ассоциируется с высокими технологиями, не ориентируясь на широкую общественность. В последние годы необходимо удерживать внимание целевых потребителей в сети Интернет. Поэтому традиционные маркетинговые подходы постепенно теряют свою актуальность. Использование микроинфлюенсеров в сочетании со стратегией диверсификации контента представляет собой наиболее перспективный подход к продвижению аэрокосмических брендов.

Микроинфлюенсеры – блогеры с количеством подписчиков 10-500 тысяч, ведущие аккаунт, посвященный определенной тематике. Основной их чертой является способность формировать микросообщества заинтересованных пользователей. [1] Ключевым аспектом их деятельности является повышение степени доверия и вовлеченности подписчиков в их контент. С каждым днем увеличивается число таких блогеров, так как интересы у потребителей разные. Они могут быть экспертами в различных областях науки, что делает их подходящими партнерами для аэрокосмических брендов. Благодаря сотрудничеству с микроинфлюенсерами аэрокосмические предприятия могут охватить разных потребителей, тем самым ускорить процесс продвижения своего бренда.

Сайт для продвинутых авиапассажиров имеет свой телеграмм канал «frequentflies», где ежедневно выкладываются посты с разной тематикой [2]. В данных постах повествуется об изменениях работы авиакомпании или аэропортов, что повышает лояльность потребителей и улучшает репутацию брендов. Таким образом, при правильном сотрудничестве таких микроинфлюенсеров, как данный телеграмм канал, и аэрокосмических предприятий процесс продвижения авиабренда значительно ускорится.

Телеграмм канал «frequentflies» можно считать микроинфлюенсером по ряду причин:

1. Количество подписчиков не превышает 500 тысяч.
2. Телеграмм канал является посредником между авиакомпаниями и аудиторией, тем самым помогает компаниям сообщать о новостях их работы.
3. Аудитория проявляет высокую степень доверия и заинтересована в авиационной тематике.

Помимо сотрудничества с микроинфлюенсерами аэрокомпании прибегают к диверсификации контента. Суть данной стратегии заключается в том, что различные аэрокосмические бренды охватывают разные сегменты целевой аудитории с помощью каких-либо материалов.

В эпоху цифровых технологий печатные издания теряют свою актуальность. Компании вынуждены подавать контент в различных формах для удержания интереса. Традиционный вид контента будут безрезультатными, если они распространяются не в совокупности. Современному потребителю нужно подавать мультиконтент, включать туда текст, звуковую и визуальную составляющую. Именно поэтому диверсификация контента играет ключевую роль у аэрокосмических брендов.

Каждая аэрокосмическая компания старается завоевать рынок и позиции в каждой из сфер медийного бизнеса, чему способствует диверсификация контента. Она направлена на

распространение медиа контента у различных аудиторий. Диверсификация повышает качество медиапродукта, за счет разных источников информации и уровня ее распространения, подачи разного рода контента на большие аудитории. Благодаря этому аэрокосмические бренды продвигают свой бренд более качественно и быстро.

Авиакомпания «Аэрофлот» использует разные виды контента. У авиакомпании есть официальный сайт, где выложена актуальная информация, которая может пригодится потребителям. Кроме того, активно ведется телеграмм канал «АЭРОФЛОТ», в котором представлен развлекательный контент [3]. Выкладываются подкасты на интересные темы, последние события в сфере авиации и самой компании. Используется как визуальная, так и текстовая, аудиовизуальная составляющая. Таким образом, представленная авиакомпания активно занимается диверсификацией контента, привлекая различные целевые аудитории и продвигая уровень своего бренда.

Таким образом, аэрокосмическая отрасль требует особый подход к продвижению бренда. Сотрудничество с микроинфлюенсерами позволяет повысить уровень доверия к бренду, а диверсификация контента способствует расширению аудитории, привлекая внимание не только специалистов, но и широкой общественности. Эти способы ускоряют процесс продвижения аэрокосмического бренда.

Список используемых источников:

1. РЕКЛАМНЫЙ ВЕКТОР – 2019 : новые реалии : сборник материалов XIII научно-практической конференции. Москва, 24–25 апреля 2019 г. – Москва : РУДН, 2019. – 276 с. : ил.
2. Телеграмм-канал сайта для продвинутых авиапассажиров. Электронный ресурс // URL: <https://t.me/frequentflyers>.
3. Телеграмм-канал сайта авиакомпании Аэрофлот. Электронный ресурс // URL: https://t.me/s/aeroflot_official.
4. Карпова Анастасия Игоревна Диверсификация медиаконтента в российских медиахолдингах на примере «РБК», «Газпром-медиа», «Национальной медиа группы» // СибСкрипт. 2015. №4-2 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diversifikatsiya-mediakontenta-v-rossiyskih-mediaholdingah-na-primere-rbk-gazprom-media-natsionalnoy-media-gruppy>.

Геймификация в маркетинге авиационных предприятий: разработка игровой механики для повышения вовлеченности и лояльности клиентов

Орлова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Казакова Н.В.

МАИ, Москва

Геймификация как метод повышения вовлеченности клиентов приобретает все большую значимость в современном маркетинге. Она подразумевает внедрение игровых элементов в неигровые контексты, способствуя улучшению пользовательского опыта, увеличению лояльности и стимуляции повторных покупок. Данный проект направлен на исследование потенциала геймификации в маркетинговой стратегии Delta Air Lines, одного из ведущих мировых авиаперевозчиков. В нем представлены ключевые аспекты, касающиеся разработки эффективной игровой механики, анализа успешных практик в данной области и методологии измерения результатов геймифицированной кампании.

Теоретические аспекты геймификации в маркетинге включают в себя:

Определение и основные принципы геймификации в контексте маркетинга. Геймификация как инструмент включает применение игровых механик, таких как конкуренция, достижения, награды и уровни, в клиентский сервис и маркетинговые стратегии.

Роль эмоционального вовлечения в успехе геймифицированных процессов. Эмоции играют критическую роль в формировании лояльности клиентов, и понимание их влияния на поведение клиентов становится важным аспектом при разработке геймифицированных элементов.

Прокачать концепцию «игрового мышления». Разработка кампании, основанной на принципах игрового мышления, направлена на создание взаимодействий, которые не только информируют, но и развлекают клиентов.

Изучение и анализ существующих геймифицированных кампаний в авиаперевозках. Рассмотрение примеров, таких как программы лояльности от авиакомпаний, включая системы начисления миль, выполнение заданий и участие в конкурсах. Например, кейс Southwest Airlines, использующий игровую механику для повышения пользовательского вовлечения. Оценка эффективности данных подходов на основе сбора и анализа метрик. Выявление ключевых показателей, способствующих успешной реализации геймификации, таких как уровень вовлеченности пользователей, увеличение числа зарегистрированных клиентов и рост частоты покупок. Это является неотъемлемой частью для улучшения эффективности предприятия.

Разработка геймифицированной кампании:

- определение цели и задач геймифицированной кампании. Основными целями являются повышение уровня вовлеченности клиентов, увеличение лаконичности, привлечение новых пользователей и улучшение восприятия бренда;

- создание игровой механики на основе идентификации целевых аудиторий. Разработка механик, адаптированных к различным сегментам клиентов, включая деловых путешественников, семейные группы и молодежь;

- проектирование элементарных игровых механик, таких как система достижений, лотереи, квесты и конкурсы. Включение различных уровней взаимодействия с клиентами, отмечая достижения и предоставляя эксклюзивные награды за участие;

- разработка платформы для реализации геймифицированной кампании. Обсуждение технических аспектов, включая использование мобильных приложений и онлайн-платформ для повышения доступности и удобства.

Список используемых источников:

1. Тарасов, А. Б. (2020). Геймификация в управлении и маркетинге: теория и практика. — М.: Эксмо.
2. Федоров, И. А. (2016). Геймификация: как превратить бизнес в игру. — М.: Бомбора.
3. Шепелев, А. В. (2018). Геймификация в маркетинге: как увлечь клиента и увеличить продажи. — М.: Альпина Паблишер.
4. Беляев, С. В. (2021). Геймификация в цифровом маркетинге: стратегии и кейсы. — М.: Издательский дом Высшей школы экономики.
5. Громов, А. И. (2019). Геймификация в управлении клиентским опытом. — М.: Инфра-М.
6. Кузнецов, П. А. (2020). Геймификация в маркетинге: как создать вовлекающую стратегию. — М.: Эксмо.
7. Орлов, Д. В. (2019). Геймификация в управлении и маркетинге: инструменты и кейсы. — М.: Эксмо.

PR-деятельность как способ демонстрации корпоративной социальной ответственности Аэрофлот — российские авиалинии Останин Д.А.

Научный руководитель — доцент, д.ю.н. Дубинина Н.М.
МАИ, Москва

Актуальность. В современных условиях высокой конкуренции корпоративная социальная ответственность имеет большое значение для репутации компаний. Для демонстрации данного направления своей деятельности организации используют связи с общественностью. Сайт является лицом компании, поэтому важно изучить его роль в коммуникативной деятельности.

Обзор. Изучением социального PR занимались С. А. Измалкова, Е. Е. Никитин, О. В. Кононова, И. А. Магомедалиева, В. А. Данилов и др. Освещение социального PR в аэрокосмической отрасли нуждается в дальнейшем изучении.

Новизна заключается в анализе направлений PR-деятельности Аэрофлота на сайте организации с целью создания образа социально ответственной фирмы. Изучена его роль в коммуникативной деятельности по информированию целевой аудитории о своей социальной деятельности.

Цель работы – выявить направления коммуникативной PR-деятельности на сайте, используемой для демонстрации корпоративной социальной ответственности Аэрофлот.

Исследование. Изучены механизмы использования PR в процессе демонстрации корпоративной социальной ответственности.

PR-деятельность (в социальной сфере) – система планирования, осуществления освещения мероприятий по поддержке граждан и общества, помощи государственным органам в деле преодоления осечек (провалов) рынка.

Корпоративная социальная ответственность – это добровольные действия, в которых в которых организация учитывает интересы общества и его составляющих элементов.

PR-деятельность является важным элементом демонстрации корпоративной социальной ответственности Аэрофлота. Проводимый комплекс мероприятий помогает транслировать позитивный имидж компании, которая преследует не только коммерческие интересы, но и оказывает позитивное социальное воздействие на общество и сотрудников компании. Именно PR-деятельность даёт возможность доносить до широкой аудитории информацию о тех конкретных шагах, которые авиакомпания предпринимает в рамках социальных инициатив.

Для демонстрации социальной ответственности Аэрофлот использует коммуникативную PR-деятельность, размещая материалы на корпоративном сайте.

Был проведен анализ PR-коммуникаций Аэрофлот через официальные публикации пресс-центра компании.

На сайте организации за 2024 год опубликованы 22 PR-сообщения о поддержке Аэрофлотом различных социальных проектов и инициатив. Из них 9 публикаций посвящены программе по сохранению редких видов животных. Аэрофлот уделяет большое внимание участию в программе по сохранению амурского тигра. Предоставляя безвозмездные перевозки хищников, авиаперевозчик способствует сохранению редкого вида животных и укрепляет репутацию отечественных авиаперевозчиков, заботящихся об окружающей среде.

Аэрофлот сотрудничает с образовательными и спортивными организациями, решая их социальные проблемы, чему пресс-центр Аэрофлота посвятил 6 публикаций. Соглашение с Финансовым университетом при Правительстве РФ отражает стремление компании воспитывать новые поколения профессионалов. Аэрофлот углубляет социально-просветительскую деятельность, сотрудничая с Обществом «Знание» и поддерживает развитие отечественного спорта, взаимодействуя с Олимпийским комитетом России.

Аэрофлот одним из первых установил скидки на билеты для детей. Данное направление PR-деятельности демонстрирует ориентацию Аэрофлота на социальную поддержку семьи как важнейшего элемента общества. Ежегодная акция к Дню Победы, предоставляющая бесплатный проезд ветеранам и их сопровождающим, отражает признание героического вклада прошлых поколений. Этим мероприятиям пресс-центр фирмы посвятил 3 сообщения. Они еще раз подчеркивают, что Аэрофлот проводит социально ориентированную политику.

Социальная PR-деятельность направлена и на поддержку благотворительных проектов «Миля милосердия» и «Дарим Добро», спонсором которых является Аэрофлот, чему пресс-центр посвятил 4 публикации на корпоративном сайте. Проекты направлены на помощь тяжелобольным детям и призывают всех заинтересованных принять участие в благотворительности.

Выводы и рекомендации:

1. Направления публикаций Аэрофлота подчеркивают социальную ориентированность компании.

2. Информация, распространяемая пресс-центром Аэрофлота, показывает широкий спектр социальных проектов, что формирует доверие к компании, создавая имидж Аэрофлота как социально ориентированной компании.

3. На официальном сайте компании рекомендуем создать разделы, освещающих деятельность Аэрофлота как социально ответственной компании.

Список используемых источников:

1. Данилов В. А. Социальный PR. Теория и практика. М. АНО ВО «Институт непрерывного образования», 2018. 153 с.
2. Измалкова С. А., Никитин Е. Е., Кононова О. В., Магомедалиева И. А. Корпоративная социальная ответственность. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет УНПК», 2014. 242 с.
3. Официальный сайт авиакомпании Аэрофлот. URL: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru>.

Реализации PR-стратегии лоукостера «Победа» в сети Интернет

Проданик В.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, ПАО «АФК «Система», Москва

Актуальность. В современном мире поток информации, включая и информацию о возможностях экономии, поступает к потребителям через интернет, поэтому реализация эффективной PR-стратегии в онлайн-пространстве становится ключевым фактором успеха для компаний. Особенно это актуально для авиационной отрасли, где конкуренция за клиента высока, а цена билета играет решающую роль при принятии решения о покупке. Это подчеркивает необходимость изучения реализации PR-стратегии «Победы» в цифровом пространстве.

Цель. Выявить механизм реализации PR-стратегии лоукостера «Победа» в сети интернет.

Обзор. Тема реализации PR-стратегий в сети Интернет нашла отражение в научных исследованиях. Отметим публикации А.А. Леоновой и М. Фадеева. Однако особенности реализации PR-стратегии лоукостера «Победа» в сети Интернет требуют дополнительного изучения.

Новизна заключается в анализе PR-стратегии авиакомпании «Победа» в контексте растущей роли цифровых коммуникаций.

Исследование. В ходе исследования под PR-стратегия понимается модель, долгосрочный развернутый план действий, направленный на построение результативных связей с целевой аудиторией.

Установлено, что PR-стратегия «Победы» строится на информировании о низкой стоимости билетов как ключевом преимуществе, безопасности и социальной ориентации компании. Позиционирование осуществляется через креативную, часто провокационную коммуникацию при активном использовании цифровых каналов.

Авиакомпания активно реализует свою PR-стратегию акцентируя внимание на социальных сетях и сайте.

Победа устраивает розыгрыши дешевых билетов для привлечения внимания к своим предложениям. Например, в социальных сетях активно продвигалась акция «Билеты за рубль», в котором люди могли получить билеты всего за один рубль, если выполнят поставленные условия акции. Информирова о данных акциях, компания использует яркие иллюстрации, живой и понятный язык, интересные задания. Такой креативный подход в PR направлен на создание эмоциональной связи с аудиторией, стимулирование ее к активному участию и распространению информации о бренде. Акция «Билеты за рубль» сочетает в себе все эти элементы, что делает ее не только креативным, но и эффективным инструментом для привлечения внимания, реализации PR-стратегии.

Устный опрос студентов МАИ, проводившийся с 1 по 10 февраля 2025 года, показал, что 30% студентов знает об этой акции.

Для повышения эффективности мероприятия в рамках PR-стратегии необходимо взаимодействовать с другими медиа путем покупки места и создания перекрестных ссылок.

На сайте авиакомпании «Победа» в рамках реализации стратегии активно продвигается программа лояльности «Аэрофлот Бонус», которая направлена на выстраивание долгосрочных отношений с клиентами.

Для анализа эффективности был в феврале 2025г. проведен опрос среди молодежи на платформе «Яндекс Формы». Он показал, что 100% респондентов знали об этой компании, но 70% отметили отсутствие реального взаимодействия с клиентами. Подтвердилось незнание аудитории о специальных предложениях и акциях: о них знали только 17% опрошенных.

Установлено, что авиакомпания «Победа» имеет 308 тысяч подписчиков в социальной сети «ВКонтакте», для сравнения: у «Аэрофлота» – 752 тысячи, у S7 – 406 тысяч. Это позволяет сделать вывод о недостаточной активности в социальных медиа. В то же время, в Telegram у «Победы» 1.1 миллиона подписчиков, а у «Аэрофлота» – всего 14 900.

Выводы и рекомендации:

1. Реализуя PR-стратегию, авиакомпания «Победа» с разной эффективностью работает в социальных сетях, и в целом ее активность в социальных медиа недостаточна. Для совершенствования использования данного канала для продвижения «Победы» необходимо повысить интерактивность, проводя конкурсы, акции и розыгрыши. Продвигая свою компанию через официальную группу социальных сетях, необходимо точно сегментировать аудиторию, чтобы эффективно настроить таргетинг. Это поможет привлечь внимание, увеличить вовлеченность и создать более тесную связь с целевой аудиторией.

2. Следует увеличить рекламное информирование об акциях в цифровом пространстве, создавать перекрестные ссылки, привлекать лидеров мнений, рассказывать о возможности экономии при пользовании услугами авиакомпании.

3. Сайт в полной мере реализует PR-стратегию авиакомпании «Победа».

Список используемых источников:

1. Леонова А. А. Подходы к реализации стратегии предприятий // Вестник науки и творчества. 2016. № 11 (11). С. 125-132. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-realizatsii-strategii-predpriyatiy> (дата обращения: 12.02.2025).

2. Фадеев М. Авиакомпания «Победа»: пример идеальной работы с негативом // VC.ru. 2019. URL: <https://vc.ru/marketing/64940-aviakompaniya-pobeda-primer-idealnoi-raboty-s-negativom> (дата обращения: 27.02.2025).

3. Сущность PR-стратегии. URL: https://spravochnik.ru/reklama_i_pr/pr_strategiya (дата обращения: 12.02.2025).

4. Билеты за рубль // ВКонтакте: официальная страница авиакомпании «Победа». URL: https://vk.com/wall-79459310_63781 (дата обращения: 12.02.2025).

Коммуникативная деятельность пресс-центра аэропорта «Шереметьево»

Пучкова А.И., Морозова А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Для привлечения внимания потенциальных клиентов и налаживания отношений с ними современные организации используют различные каналы PR-коммуникаций. Это особенно является актуальным в сложившейся ситуации для работы таких стратегических предприятий, которыми являются аэропорты.

Пресс-центр аэропорта «Шереметьево» играет ключевую роль в информировании общественности и СМИ о своей деятельности, новостях и событиях. Сотрудники пресс-центра отвечают за формирование имиджа аэропорта, поддержание связи с пассажирами, авиакомпаниями и партнерами, а также за оперативное реагирование на запросы журналистов.

Объект исследования – пресс-центр Международного аэропорта Шереметьево.

Предмет исследования – PR-коммуникаций, которые осуществляет пресс-центр аэропорта.

Цель работы – проанализировать PR-коммуникации аэропорта «Шереметьево».

Задачи исследования – определить основные каналы PR-коммуникаций и информационные поводы, которые используют сотрудники пресс-центра МАШ в своей работе.

Исследование. Авторами был проведен анализ PR-коммуникаций пресс-центра аэропорта и информационных поводов. Оказалось, что пресс-центр аэропорта использует следующие каналы для осуществления PR-коммуникаций и информационные поводы:

Официальный сайт, через который осуществляется коммуникация со СМИ и посетителями аэропорта. Проведенный мониторинг пресс-релизов, показал, что они выкладываются на сайте с периодичностью 3-5 раз в месяц. Главными информационными поводами являются сведения об изменении работы аэропорта, организация и участие в специальных проектах.

Страницы в социальных сетях в «ВКонтакте», Телеграм-канале, Дзен. На странице «ВКонтакте» (31 тыс. подписчиков) публикуются материалы о выставках, сведения об актуальных направлениях, авиапарке, поздравления с праздниками, изменения работы наземного транспорта. Информация носит развлекательный характер, написана кратко и лаконично, легко воспринимается. Посты выкладываются с периодичностью от 3 до 5 дней. Технические возможности данной социальной сети позволяют оставлять комментарии, что обеспечивает прямую коммуникацию пассажиров с представителями аэропорта.

В Телеграм-канале «Шереметьево» (15 тыс. подписчиков) посты дублируются с постами «ВКонтакте». Посты выходят с такой же периодичностью. В Телеграме есть еще несколько каналов – «Шереметьево VIP и Бизнес-залы», «Работа в Шереметьево», «Шереметьево бот», «Шереметьево VIP и Бизнес-залы» (6 тыс. подписчиков) рассказывает о бизнес-залах аэропорта, а «Работа в Шереметьево» (936 подписчиков) о вакансиях в аэропорте. Многие посты дублируются. «Шереметьево бот» позволяет быстро получить всю необходимую информацию о рейсе в режиме реального времени, узнать о вылетах и прилетах и получить обратную связь

Канал в «Дзен» (7 подписчиков) не активен, на нем выложено всего 6 публикаций.

Таким образом, пресс-центр аэропорта «Шереметьево» осуществляет PR-коммуникаций по таким каналам, как: официальный сайт, страницы в социальных сетях «ВКонтакте», «Телеграм» (несколько каналов), «Дзен». Основными информационными поводами являются режим работы аэропорта, поздравления с праздниками. Использование вышеперечисленных каналов и информации, размещенной на них, позволяет поддерживать высокий уровень доверия среди пассажиров и партнеров, налаживать с ними обратную связь.

Рекомендации

Развивать канал Дзен – выкладывать на нем больше постов и рассказывать о канале на других страницах аэропорта в социальных сетях.

Не дублировать информацию на странице в «ВКонтакте» и в Телеграм-каналах.

Список используемых источников:

1. Ворошилов В.В. Современная пресс-служба. – М.: КНОРУС, 2022.
2. Погачев, Ю. А. Современная пресс-служба: учебник для вузов. — М.: Издательство Юрайт, 2023.
3. Канал Дзен аэропорта «Шереметьево». – URL: https://dzen.ru/id/65084c45e3cb39186aa952e9?share_to=link.
4. Официальная страница с социальной сети «ВКонтакте». – URL: https://vk.com/svo_airport.
5. Официальный сайт аэропорта «Шереметьево». - URL: <https://www.svo.aero/ru/main>.
6. Официальный Телеграмм-канал аэропорта «Шереметьево». – URL: https://t.me/svo_online.
7. Телеграмм бот аэропорта «Шереметьево». – URL: <https://t.me/svoaerobot>.

Имиджевый PR-текст в деятельности международного аэропорта Пулково Рындина С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Компания Okkam, Москва

Актуальность исследования. В условиях высокой конкуренции в авиационной отрасли создание привлекательного имиджа становится ключевым фактором успеха. PR-тексты играют важную роль в укреплении репутации и повышении лояльности пассажиров. Анализ

имиджевых текстов позволит оценить их эффективность и разработать рекомендации по улучшению коммуникаций, что важно для укрепления имиджа на региональном и международном уровнях аэропорта Пулково.

Цель исследования. Проанализировать имиджевые PR-тексты и особенности их написания коммуникативными службами международного аэропорта Пулково.

Обзор. Теоретической и практической основой исследования послужили труды российских авторов, таких как Селезнева Л.В., Синяева И.М. Дополнительными источниками послужили публикации на сайте и в социальных сетях аэропорта.

Научная новизна заключается в анализе PR-текстов деятельности Пулково и разработке рекомендаций по улучшению указанных инструментов в создании имиджа организации.

Исследование. Имиджевый PR-текст — это инструмент для создания позитивного образа через убеждение и влияние на аудиторию. Его цель — формирование благоприятного общественного мнения, передача ценностей и миссии организации. Грамотные тексты повышают доверие, укрепляют репутацию и создают эмоциональную связь с аудиторией.

Виды имиджевых PR-текстов, особенности их написания: имиджевые PR-тексты включают корпоративные статьи, истории успеха, контент в социальных сетях, интервью и кейс-стори (история, написанная от лица клиента, о том, как компания успешно решила его проблему).

Анализ текстов, публикуемых аэропортом Пулково. Примеры классического подхода. Интервью генерального директора Пулково Леонида Сергеева, опубликованное в «Коммерсанте». В нем подчеркиваются ключевые достижения аэропорта, а также упоминаются социальные инициативы: проект «Мы команда», который привлекает студентов и расширяет возможности для женщин.

Классического имиджевого текста — новогодний пост, где Пулково подводит итоги года и делится планами на будущее. Текст наполнен теплыми пожеланиями и акцентом на новогодней атмосфере, что вызывает положительные эмоции. Упоминание инициатив: внедрение биометрии и беспилотных технологий, подчеркивает заботу о комфорте пассажиров. Видео с новогодней атмосферой усиливает эмоциональную связь с аудиторией, сохраняя при этом информативность. Исследование показало, что классические тексты аэропорта Пулково, формируют образ надежной и социально ответственной компании.

Классические тексты публикуются в официальных социальных сетях аэропорта, Пулково также успешно использует развлекательно-имиджевые тексты. Пост, опубликованный в ВКонтакте, ко Дню всех влюбленных с видео, где корпоративный персонаж (МасКот) танцует под популярную молодежную песню. Текст игриво напоминает о «месте для поцелуев» в аэропорту, а призыв «смотрите видео до конца» стимулирует вовлеченность целевой аудитории (персонала, клиентов) в деятельность компании. Также для повышения интереса к официальной странице Пулково ВКонтакте коммуникативная служба проводит конкурс на лучшее имя для корпоративного персонажа.

В социальных сетях для усиления восприятия имиджа Пулково молодежью используется сленг. Текст в социальных сетях ВКонтакте и Telegram объясняет значения сленговых слов, что делает его близким и понятным для молодежи. Это не только развлекает, но и показывает, что компания говорит на одном языке с современной аудиторией. Такие тексты создают имидж компании, которая следит за жизнью современников.

Вывод. Классические имиджевые PR-тексты подчеркивают надежность, технологичность и клиентоориентированность компании, а развлекательные тексты через положительные эмоции повышают интерес к PR-материалам компании и через увеселение ненавязчиво формируют имидж компании в сознании потребителя. Совместное использование этих текстов делают имидж Пулково многогранным, подчеркивая разносторонность имиджа аэропорта.

Рекомендации

Повысить интерактивность в социальных сетях, запуская челленджи (выдаваемые задания) и сопровождать их хэштегом — позволяет перейти на материал, раскрывающий смысл задания. Это увеличит вовлеченность, создаст пользовательский контент, делая имидж организации более узнаваемым.

Работая с отзывами клиентов самые интересные, положительные отзывы размещать на сайте аэропорта. Рассказывать, как отзывы пассажиров помогли улучшить сервисы аэропорта, что в имидже подчеркивает клиентоориентированность фирмы.

Размещать интересные подкасты о путешествиях клиентов аэропорта в ВК.Музыке, Я.Музыке и ЛитРес и на аналогичных сервисах, где будет подчеркиваться, что аэропорт Пулково помогает открыть мир, являясь началом всех приятных путешествий, что в свою очередь создать образ аэропорта, как источника счастья.

Список используемых источников:

1. Селезнева Л.В. Подготовка рекламного и PR-текста.М.: Издательство Юрайт, 2024. 185 с.
2. Маркетинг PR и рекламы. И.М. Синяева [и др.] ; под ред. И.М. Синяевой. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 495 с.

Сайт Роскосмоса как коммуникативный инструмент развития имиджа организации

Сергеев К.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы: в жизни современного общества Интернет является заметным источником данных, поэтому веб-сайт является важным коммуникативным инструментом, формирующим и трансформирующим имидж компании, влияющий на восприятие бренда, что определяет его успешное позиционирование.

Цель работы: изучение использования веб-сайта в коммуникационной деятельности Госкорпорации «Роскосмос» как инструмента развития имиджа.

Обзор: данная проблема исследования активно изучается. Выделим исследования Н.Б. Изаковой, Х.Н. Кушвахи, А.В. Тараненко и др. В связи с быстрым развитием информационных технологий тема нуждается в постоянном изучении.

Новизна заключается в научно-практическом анализе веб-сайта Госкорпорации «Роскосмос» как инструмента стратегического продвижения имиджа.

Исследование. Имидж – это образ, который формируется организацией и влияет на восприятие потребителей и общества.

Коммуникационный инструмент – это метод передачи информации, который помогает продвигать бизнес и строить доверительные отношения с целевыми аудиториями.

Веб-сайт организации как коммуникационный инструмент – это цифровая платформа для обмена информацией с пользователями и представления продуктов и ценностей компании. Он включает контент, навигационные системы и интерактивные элементы, которые помогают пользователям взаимодействовать с брендом.

Веб-сайт «Роскосмоса», выступая коммуникационным инструментом развития имиджа организации, предлагает пользователям удобную навигацию через меню, которое содержит множество различных вкладок.

Раздел «Госкорпорация» отвечает на часто задаваемые вопросы (FAQ), демонстрируя, «Роскосмос» как ведущего оператора в космической сфере, который реализует государственную политику, осуществляющего международное сотрудничество. Способствует формированию имиджа «Роскосмоса» как организации, которая участвует в социально-экономическом прогрессе России, способствующей формированию лидирующих позиций страны лидера в области высокотехнологичных космических разработок.

Разделы «Публикации» и «Космическая деятельность» включают пресс-релизы о производственной и социальной жизни корпорации, актуальные интервью о проектах, исследованиях и запусках, архив журнала «Русский космос» и др. Это формирует имидж открытой организации на мировом космическом рынке, решающей масштабные задачи, осознающей социальную ответственность. В новостные материалы интегрирован инструмент социальных кнопок, позволяющей делиться новостями.

Вкладка «Информационные ресурсы» представляет собой коммуникативный интерактивный инструмент, включающий библиотеку данных. Разнообразие ресурсов подчеркивает открытость Госкорпорации «Роскосмос», формируя благоприятный имидж и укрепляя доверие общества.

Раздел «Карьера» на сайте «Роскосмоса» предлагает различные программы обучения и карьерные возможности. Сайт как коммуникативный инструмент активно формирует образ организации, который ориентируется на привлечение молодых талантов и развитие их навыков, создавая условия для роста экономики в системообразующих отраслях России.

Нижний блок сайта представлен инструментом контактов, куда включены адреса организации, электронной почты, номера телефонов и визуальные гиперссылки на социальные сети. Гиперссылки позволяют следить за жизнью «Роскосмоса» и активно вовлекают массовую аудиторию в диалог. Отвечая на запросы посетителей сайта в социальных сетях, компания интегрирует разные виды коммуникативных инструментов, для формирования имиджа организации. Большинство материалов сайта доступны на английском языке, что подчеркивает международную ориентированность компании.

Выводы. Веб-сайт «Роскосмоса» является эффективным коммуникационным инструментом. Он формирует имидж открытой организации, с высокой социальной ответственностью, обеспечивающий экономический рост страны.

Рекомендации. В новостные материалы, добавить функцию комментариев, что обеспечит пользователям обратную связь, повышая эффективность использования интерактивных средств формирования имиджа. Активнее применять социальные медиа для продвижения веб-сайта и его информационных ресурсов. Возобновить выпуск журнала «Русский космос», который станет познавательным ресурсом для аудитории разных возрастных сегментов. Это позволит развивать имидж организации, привлечь молодежь в космическую сферу.

Список используемых источников:

1. Изакова Н. Б. Применение методов оценки коммуникативной эффективности веб-сайта организации в маркетинговом исследовании // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2023. Том 12, №3. С. 89-94.
2. Кушвахя Х. Н., Тараненко А. В. Сайт как способ поддержания и развития имиджа Московского авиационного института // Научно-практическая конференция в рамках «Недели науки» ФИЯ МАИ-НИУ, посвящённая 55-летию полёта Ю. Гагарина: сборник докладов. Москва: Издательство «Перо», 2016. С. 211-219.
3. Официальный веб-сайт Госкорпорации «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/> (дата обращения: 09.02.2025).

Роль чат-ботов и искусственного интеллекта в коммуникации авиакомпаний с клиентами: интеграция лингвистических и коммуникативных стратегий

Сорокина К.М., Фетисова М.Р.

Научный руководитель — Маркина А.Д.
МАИ, Москва

Развитие цифровой среды приводит к появлению новых средств коммуникации с клиентами, которые активно используются авиакомпаниями. Ключевой целью становится упрощение обслуживания и сокращение затрат времени и ресурсов на предоставление информации. Чат-боты важны в авиационном бизнесе не просто как онлайн-инструмент для общения с потенциальными потребителями, а как способ автоматизировать процессы.

Чат-бот – это программа, которая имитирует коммуникативные паттерны человека, выступая в качестве виртуального собеседника. Чат-боты принято считать основным инструментом интернет-маркетинга с 2017 года благодаря их массовому использованию в работе сайтов и социальных сетей, однако появление первого чат-бота датируется 1966 годом. В наше время программа переходит на более высокий уровень адаптации к человеческой речи, что позволяет убедиться в большем её развитии в сторону естественности и увеличения способов применения.

Авиакомпании работают в условиях высокой конкуренции, требуют высокого уровня доверия и безопасности, а также сталкиваются с необходимостью быстрого реагирования на изменения. Это накладывает особые требования на коммуникационные стратегии в цифровом PR. Так, IT-сфера и лингвистика помогают в создании чат-ботов и в достижении эффективности коммуникационных процессов.

Лингвистические аспекты взаимодействия с клиентами через чат-боты и ИИ.

Область знания, которая во многом является основной в области машинного обучения, является лингвопрогнатика: именно она занимается вопросами особенностей коммуникации с учетом целеполагания и позволяет приблизить общение с роботом к виду естественного взаимодействия.

Исследования других отраслей языкознания, например, когнитивной и психологической лингвистики, играют не маловажную роль в улучшении качества коммуникативного акта. Технологии, вдохновленные этими разделами науки, позволили роботам учитывать многозначность слов, использовать метальные модели пассажиров и учитывать культурные особенности коммуникации.

С точки зрения стилистики, специфика коммуникации чат-ботов заключается в учете возраста и менталитета целевой аудитории, избегании сложной терминологии и перегруженных языковых структур. Речь роботов должна быть лаконичной и понятной, а также адаптированной под возраст и культурные особенности собеседника.

Лингвистический аспект обучения и работы чат-ботов показывает, что их функционал не ограничивается лишь механическим ответом на запросы, а включает в себя сложные процессы анализа языка и намерений пользователей.

Коммуникативные стратегии в цифровом PR с учетом особенности авиационной отрасли.

Преимущества в алгоритмизированном взаимодействии с клиентами в PR с помощью чат-ботов становятся более очевидными за счет избавления компаний от рутинных задач и упрощении ряда функций. Чат-боты увеличивают процент удовлетворенности от получаемого сервиса в том числе за круглосуточную поддержку, однако при необходимости клиента могут перевести на оператора.

Очевидный потенциал использования нового технологического механизма в работе с клиентами стал активно использоваться в авиационной сфере. Две российские авиакомпании Аэрофлот и Уральские Авиалинии недавно запустили чат бот, направленный на помощь в подборе услуг для клиентов. В коммуникативных стратегиях чат-ботов были замечены упрощенная и доступная информация, персонализированное общение, предупреждающее информирование, а также омниканальность. Все это помогает авиакомпаниям не только улучшить сервисное обслуживание, но и строить долгосрочные отношения с клиентами, что необходимо в конкурентной авиационной отрасли.

Интеграция лингвистических и коммуникативных подходов позволяет авиакомпаниям создавать адаптивные и персонализированные коммуникационные стратегии, объединяя глубокий анализ текстовой информации с эффективными методами цифрового PR. Применяя лингвистический анализ для выявления тональности, стилистических особенностей и эмоциональной окраски сообщений, компании разрабатывают оптимизированные сценарии для чат-ботов, учитывающие культурные и региональные различия аудитории. Такой интегрированный подход не только способствует созданию персонализированных ответов и постоянному обучению ИИ-систем, но и обеспечивает единообразие корпоративного имиджа, повышая доверие клиентов и улучшая общее качество взаимодействия.

Цифровая среда открывает перед авиакомпаниями возможности для улучшения коммуникации с клиентами, где ключевую роль играют чат-боты. Благодаря лингвистическим исследованиям, чат-боты адаптируются к естественной речи, учитывают культурные и возрастные особенности, что делает их общение более персонализированным и понятным. В авиационной отрасли такие технологии помогают решать задачи цифрового PR, упрощая взаимодействие с клиентами. Интеграция лингвистических и коммуникативных

подходов позволяет авиакомпаниям создавать адаптивные стратегии, обеспечивающие долгосрочные отношения с клиентами и конкурентоспособность на рынке.

Список используемых источников:

1. Аксенов К.В. [и др.]. Цифровые технологии в рекламе и связях с общественностью: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2020. 107 с.

2. Копытова А. В. ЛИНГВОПРАГМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИТУАЦИИ ОБЩЕНИЯ «ЧЕЛОВЕК – ЧАТ-БОТ» // Человек: Образ и сущность. Гуманитарные аспекты. 2023. №2 (54). С. 123-139. Режим доступа: <https://human-inion.org/article.php?id=607> (дата обращения: 18.02.2025).

3. Киселева С.В., Смирнова А.А., Трофимова Н.А. «Чат-бот коммуникация» как объект лингвистического исследования в системе цифровых коммуникаций. Дискурс. 2022;8(3). С. 128-146. Режим доступа: <https://doi.org/10.32603/2412-8562-2022-8-3-128-146> (дата обращения: 18.02.2025).

PR-коммуникации в сети Интернет авиационной компании «S7 Airlines»

Спирин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Анна В.Т.

МАИ, Москва

Каждая компания, в независимости от того в какой сфере она функционирует, находится в условиях жесточайшей конкуренции. Для того, чтобы справиться со сложившейся ситуацией и найти новых клиентов, PR-отделам организаций приходится постоянно поддерживать коммуникацию с аудиторией с помощью каналов коммуникации, прежде всего в сети Интернет с помощью официального сайта и страницах в социальных сетях. Эти каналы коммуникации позволяют организациям напрямую контактировать со своей целевой аудиторией, информировать их о мероприятиях и новостях, быстрее реагировать на кризисные ситуации и претензии потребителей. Касается это и компаний авиационной сферы.

Объект исследования – авиационная компания «S7 Airlines».

Предмет исследования – PR-коммуникаций авиакомпании в сети Интернет.

Цель исследования – проанализировать каналы PR-коммуникаций в сети Интернет авиационной компании «S7 Airlines».

Исследование. Автором было проведено исследование каналов PR-коммуникаций авиакомпании «S7 Airlines», которое показало, что специалисты по связям с общественностью данной организации используют в своей работе официальный сайт, сообщество «Gate 7», страницу в социальной сети «ВКонтакте» и Телеграм-канал.

1. Официальный сайт авиакомпании S7, на котором размещаются новости и пресс-релизы периодичностью 1 раз в две недели.

Мониторинг пресс-релизов с август по ноябрь 2024 года показал, что их основными новостными поводами стали возобновления маршрутов до определенных аэропортов, новости о расширении самой компании, победы в всероссийских конкурсах.

2. Сообщество под названием «Gate 7». На его страницах размещаются как тексты сотрудников авиакомпании, так и клиентов. Все материалы посвящены туристическим местам, в которые можно добраться, воспользовавшись услугами S7. Авторы текстов, получивших много положительных отзывов, награждаются милыми и приятными бонусами от авиакомпании. Сообщество отличает высокая активность и регулярное пополнение контента.

3. Страница в социальной сети «ВКонтакте» было создано 13 августа 2013 года. В настоящее время на страницу подписано 404 тысячи человек. По количеству подписчиков страница S7 уступает только компании «Аэрофлот» (620 499 подписчиков). Контент на ней пополняется новыми публикациями каждые 1-3 дня, часто за счет материалов из сообщества «Gate 7». Посты представляют собой текст с иллюстрациями, иногда сопровождаемый видеоматериалами, картинки с текстом, а не обычные текстовые посты. Этот способ передачи информации отличается от сайта, где чаще публикуются текстовые материалы. Под каждой публикацией пользователи могут оставлять комментарии и

общаться между собой. На каждый комментарий администратор группы «ВКонтакте» обязательно реагирует. На этой страничке есть ссылки на официальный сайт авиакомпании в «Телеграм».

4. Канал в социальной сети «Телеграм». Новостной канал авиаперевозчика S7 был создан 9 апреля 2021 года в популярном мессенджере «Телеграм». На телеграмм-канал подписано меньше людей, чем на страничку «ВКонтакте»: у него всего 253 тыс. подписчиков. Многие материалы, размещенные в «Телеграм», дублируются из «ВКонтакте». Здесь пользователи не имеют возможность оставлять комментарии, однако на каждую публикацию можно отреагировать.

5. «Одноклассники». Страничка авиаперевозчика S7 в социальной сети «Одноклассники» была создана в 2016 году и насчитывает 138 тыс. подписчиков. Контент представляет собой повторение контента со странички компании «ВКонтакте». В описании страницы указаны горячие линии, по которым можно связаться с представителями поддержки, а также есть ссылка на официальный сайт на страничку покупки билетов.

Автором был проведен опрос «Лучший способ коммуникации с авиакомпанией S7», целью которого было узнать общественное мнение о каналах коммуникации авиакомпании S7 и определить главные причины популярности и эффективности самых популярных каналов. Опрос проводился в январе–феврале 2025 года. В нем приняли участие 22 человека в возрасте от 18 до 45 лет.

Оказалось, что 9% получают информацию с официального сайта S7. 59% респондентов предпочитает следить за новостями компании в социальной сети «Телеграм», поскольку эта социальная сеть является наиболее удобной в использовании и позволяет оперативно получить обратную связь с сотрудниками S7.

Все принявшие участие в опросе предпочитают познавательный и ознакомительный контент, розыгрыши, конкурсы, видеоролики.

Таким образом, современные компании активно взаимодействуют со своей целевой аудиторией через Интернет.

Авиакомпания «S7 Airlines» постоянно коммуницирует со своей аудиторией через следующие каналы: официальный сайт, сообщество «Gate 7», страницы в социальных сетях «ВКонтакте», «Одноклассники» и «Телеграм». Самыми популярными каналами коммуникации в сети Интернет являются странички компании в социальных сетях «ВКонтакте» и «Телеграм».

Проведённый опрос показал, что аудиторию привлекает канал авиакомпании в социальной сети «Телеграм» авиакомпании из-за его контента и скорости обратной связи.

Список используемых источников:

1. Потапов, Ю. А. Современная пресс-служба // учебник для вузов. — 3-е изд.. 2023. М. — 358 с.

2. Л. А. Андросова; А. В. Храпкина Особенности PR-коммуникаций в сети интернет // Электронный научный журнал «Наука. Общество.Государство» 2016 Т. 4, № 4 – 16 с.

Использование технологии кросс-промоушена Российскими авиакомпаниями Томская А.К.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Компания MGCom, Москва

Исследование. Автором был проведён мониторинг использования технологии кросс-промоушена российскими авиакомпаниями ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии» и S7 Airlines с 2020 по 2024 годы.

Анализ показал, что российские авиакомпании используют кросс-промоушен в своей PR-деятельности, сотрудничая с:

1) банками (Сбербанк, Тинькофф Банк, Альфа-Банк – Аэрофлот, Райффайзенбанк – S7), используя программы лояльности, кобрендинговые карты и совместные акции;

2) ритейлерами (М.Видео и Эльдorado). Клиенты получают бонусные мили за покупки в магазинах и на сайтах партнёров;

3) технологическими компаниями (Яндекс.Маркет, Ozon). Так, S7 предлагает скидки на полёты при покупке товаров у партнёров, а также использует мерчендайзинг.

Информацию об этих кампаниях авиационные организации выкладывают на своих сайтах, на страницах в социальных сетях, как своих, так и партнеров, делают рассылки по электронной почте и в приложениях.

В рамках исследования 03.02.2025 был проведен опрос среди активных клиентов авиакомпаний, целью которого было выявить степень вовлеченности пассажиров S7 Airlines и Аэрофлота в акции кросс-промоушена и их готовность участвовать в новых партнерских предложениях. В опросе приняли участие 118 человек. Среди них 64% женщин и 36% мужчин. Опрос проводился в онлайн-формате. Всего было задано 7 вопросов, направленных на выявление степени вовлеченности пассажиров S7 Airlines и Аэрофлота в акции кросс-промоушена и их готовность участвовать в новых партнерских предложениях.

Оказалось, то 65% респондентов совершают перелеты от 1 до 5 раз в год, реже чем один раз в год летают 20% пассажиров, а 15% совершают более 5 перелетов в год. 45% знакомы с акциями и партнерскими предложениями авиакомпаний; 40% слышали о них, но не используют, а 15% пассажиров не были осведомлены о них.

Наиболее востребованными видами партнерских предложений среди пассажиров оказались бонусные мили за покупки (60%) и скидки на отели и проживание (50%). Специальные предложения на аренду автомобилей заинтересовали 30% опрошенных, а скидки на трансфер (такси, поезда, автобусы) – 25%. Лишь 10% респондентов отметили, что заинтересованы в других видах акций.

50% участников опроса уже активно используют бонусные программы, такие как «Аэрофлот Бонус» или S7 Priority, еще 30% зарегистрированы, но редко ими пользуются. 15% респондентов слышали о них, но не регистрировались, и только 5% не проявляют интереса к подобным программам.

25% респондентов ответили, что регулярно выбирают S7 Airlines или Аэрофлот благодаря выгодным предложениям. Однако 40% отметили, что иногда учитывают акции, но это не является решающим фактором, а 35% ориентируются на другие критерии – в первую очередь, цену билета и уровень безопасности.

55% пассажиров выразили желание воспользоваться такими предложениями, если условия будут действительно привлекательными, еще 30% готовы рассмотреть их, если это не потребует дополнительных усилий, и только 15% не проявляют интереса к подобным акциям. Таким образом, при грамотном подходе авиакомпании могут привлечь к участию в программах до 85% своих клиентов.

На вопрос «Какие факторы могут повысить вашу заинтересованность в программах кросс-промоушена?» 55% респондентов выбрали увеличенные бонусы и скидки, 50% – простоту регистрации и использования, 40% – участие большего числа партнеров, а 35% отметили дополнительные привилегии, такие как доступ в бизнес-залы или апгрейд класса обслуживания.

Результаты опроса показывают, что большинство пассажиров осведомлены о кросс-промоушене, но не все активно им пользуются. Основными факторами при выборе авиакомпании остаются цена и безопасность, а не партнерские акции, что подтверждает, что кросс-промоушен в большей степени служит инструментом удержания существующих клиентов, а не привлечения новых.

Таким образом, российские авиакомпании используют технологию кросс-промоушена, сотрудничая с банками, ритейлерами и технологическими компаниями. Их основными инструментами являются кобрендинговые карты, программы лояльности, совместные акции.

Потенциальные клиенты, согласно проведенному опросу, положительно относятся к кросс-промоушену и активно пользуются предложениями в рамках подобных проектов.

Рекомендации:

1. Для повышения эффективности кросс-промоушена авиакомпаниям необходимо сделать программы более выгодными, удобными и привлекательными для пассажиров.
2. Расширить круг участников кросс-промоушена.
3. Упростить процесс регистрации на участие в новых программах.

Список используемых источников:

1. Ведерникова М.И. Современные аспекты кросс-промо в российских компаниях//Теоретическая и прикладная экономика. - 2024. - № 3. - С. 59-73. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-aspekty-kross-promo-v-rossiyskih-kompaniyah/viewer>. Дата обращения: 26.12.24.
2. Котлер, Ф., Келлер, К. Л. Маркетинг. Менеджмент (15-е изд.). М.: Вильямс, 2020. – 768 с.
3. Кузнецова, М. Ю., Бутко, И. С. Маркетинговые коммуникации: теория и практика. М.: КНОРУС, 2021. – 336 с.
4. Зотова, Е. И., Глушкова, Л. В. Стратегический маркетинг: Теория и практика (2-е изд.). СПб.: Питер, 2020. – 456 с.
5. Шин, М. И. Кросс-промоушен в рамках брендинга и маркетинга. М.: Дело, 2022. – 210 с.

Маркетинговые стратегии в высокотехнологичных предприятиях авиационно-космического комплекса в России

Торгашов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Казакова Н.В.

МАИ, Москва

В настоящее время маркетинговые стратегии в высокотехнологичных предприятиях авиационно-космического комплекса России активно трансформируются под воздействием цифровизации и изменения экономических условий. Использование digital marketing и социальных сетей становится ключевым инструментом продвижения как в B2B, так и в B2C сегментах. Это оказывает влияние не только на имидж компаний, но и на их экономические показатели. Мы рассмотрим, какие маркетинговые стратегии применяются в отрасли в России, и проанализируем их эффективность на примере ведущих отечественных компаний.

Одним из ключевых инструментов digital marketing в российском авиационно-космическом секторе является контент-маркетинг. Компании создают экспертный контент (кейсы, статьи, вебинары), который помогает формировать доверие к бренду и привлекать новых клиентов. Лидогенерация осуществляется через специализированные платформы, такие как VK и Telegram, которые позволяют эффективно взаимодействовать с целевой аудиторией в B2B сегменте.

Социальные сети играют важную роль в формировании общественного мнения и продвижении бренда. В России особое внимание уделяется таким платформам, как VK, Rutube и Telegram, которые позволяют авиакосмическим компаниям демонстрировать свои технологические достижения и взаимодействовать с клиентами. Яркими примерами успешного использования социальных сетей являются маркетинговые кампании Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК) и Роскосмоса, которые эффективно используют эти каналы для популяризации отечественных инноваций.

Все это положительно сказывается на экономических показателях российских компаний за счет повышения узнаваемости бренда, генерации лидов и роста продаж. Однако использование digital marketing требует от предприятий тщательного анализа данных и мониторинга ключевых показателей эффективности (KPI), таких как охват, вовлеченность и конверсия.

Таким образом, успешное применение маркетинговых стратегий в высокотехнологичных предприятиях авиационно-космического комплекса в России требует глубокого понимания цифровых технологий и умения адаптировать традиционные методы маркетинга под современные реалии. Это обеспечивает не только конкурентное преимущество на рынке, но и положительно сказывается на экономическом развитии российских компаний.

Список используемых источников:

1. Агафонова А. С., Дубовик М. В. «Маркетинг в высокотехнологичных отраслях», М. – Юрайт, 2022.

2. Котлер Ф., Картайтасер Дж. «Маркетинг 4.0: От традиционного к цифровому», М. – Альпина Паблишер, 2018.
3. Официальный сайт Объединенной авиастроительной корпорации.
4. Шиманов В. И. «Цифровой маркетинг: теория и практика». – СПб.: Питер, 2021.

Использование специализированных выставок при продвижении Московского авиационного института

Фалина А.В., Руссо Н.Д.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Московский авиационный институт (МАИ) является ведущим образовательным и научно-техническим центром в России, специализирующимся на подготовке специалистов в области авиации, космонавтики и высоких технологий. В условиях современной глобализации и усиленной конкуренции среди вузов, выставочные мероприятия становятся ключевыми инструментами маркетинга и продвижения образовательных учреждений.

Выставки представляют собой уникальную площадку для прямого взаимодействия с целевой аудиторией: абитуриентами, представителями научной и образовательной сферы, а также потенциальными международными партнерами. МАИ активно участвует в различных выставках, чтобы продемонстрировать свои достижения и укрепить имидж ведущего аэрокосмического университета.

Образовательные выставки: МАИ регулярно участвует в выставках, таких как «Карьера и образование», и проводит мероприятия вроде Дней открытых дверей, которые помогают в привлечении новых студентов и установлении связей с потенциальными партнерами.

Научно-технические выставки: Университет представляет свои научные достижения и разработки, например, на выставке «ТОиР ВС в России», что способствует расширению сотрудничества в области авиационной техники.

Международные выставки: МАИ активно представляет свои разработки на таких мероприятиях, как HeliRussia и Vietnam Expo, что способствует расширению международного сотрудничества и привлечение иностранных студентов.

Выставки позволяют вузу продемонстрировать свои достижения, повысить узнаваемость, наладить связи с потенциальными студентами и партнерами, а также укрепить имидж университета как инновационного и высокотехнологичного учебного заведения.

В будущем важным направлением является расширение географии участия в международных выставках, использование цифровых технологий для онлайн-участия в мероприятиях, а также создание мобильных выставочных комплексов для привлечения абитуриентов в регионах России.

Участие МАИ в специализированных выставках способствует не только продвижению университета и его научных достижений, но и формированию его положительного имиджа как одного из ведущих вузов России и мира в области высоких технологий и аэрокосмических исследований.

Список используемых источников:

1. Тарасов А. М. Технология продвижения результатов научно-инновационной деятельности университета средствами выставочного маркетинга // Альманах современной науки и образования. – 2013. – С. 139-142.
2. Сиротина М. А. Управление формированием имиджа вуза и продажами образовательных услуг // Менеджмент в России и за рубежом. – 2009. – С. 116-120.
3. Шарков Ф. И. Выставочный коммуникационный менеджмент : (управление выставочными коммуникациями). – М.: Альфа-Пресс, 2006. – 256 с.
4. А. Н. Чумиков, М. П. Бочаров Связи с общественностью : теория и практика: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Связи с общественностью». – М.: Альфа-Пресс, 2004. – 495 с.
5. Новости // МАИ URL: <https://mai.ru/press/news/> (дата обращения: 16.11.2024).

Язык заголовков как инструмент PR: лингвистический подход к формированию общественного восприятия аэрокосмических технологий

Федоринова С.С.

Научный руководитель — Глоткина А.А.

МАИ, Москва

Язык заголовков как инструмент PR: Лингвистический подход к формированию общественного восприятия аэрокосмических технологий Перспективы развития и освоения космоса будут актуальны всегда. Константин Эдуардович Циолковский утверждал «Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели». Аэрокосмическая отрасль охватывает множество аспектов нашей жизни: телерадиовещание, навигация, дистанционное зондирование Земли, производство и сервис, спутниковая связь. Поэтому с каждым годом увеличивается количество публикаций, посвященных авиации и космонавтике, это обстоятельство, в свою очередь, обуславливает потребность в высокоэффективной передаче информации. В этом случае заголовок выступает как инструмент реализации связи с общественностью, так как он способен формировать и изменять общественное мнение об аэрокосмической отрасли, что является непосредственным полем деятельности научной дисциплины «Пиар и связи с общественностью». Актуальность работы заключается в том, как заголовок влияет на интерес читателя и как заголовок помогает читателю выделить статью, значимую именно для него в условиях информационного перенасыщения. Исследование влияния заголовка на интерес читателя медиатекстов аэрокосмической отрасли позволяет понять общие тенденции в восприятии научно-технической информации широкой аудиторией, а также способы привлечь интерес и вызвать эмоциональный отклик, сконструировать мнение и сконцентрировать внимание аудитории на аэрокосмической сфере. В предлагаемом исследовании выделены и проработаны несколько ключевых фактов, которые помогут глубже понять роль заголовка в медиатекстах аэрокосмической отрасли. Во-первых, рассмотрена роль влияния заголовка на восприятие информации. Во-вторых, рассмотрены структура и семантика заголовков, что позволяет, понять какие средства художественной выразительности используются для написания. Также в исследовании отмечены особенности написания ярких заголовков медиатекстов аэрокосмической тематики, что непосредственно становится эффективным инструментом PR в такой высокотехнологической отрасли как аэрокосмос. В условиях цифровизации и распространения социальных сетей, заголовки становятся не только элементами медиатекстов, но и важными компонентами контента, который активно обсуждается и распространяется в интернете. Кроме того, в рамках исследования проведен анализ нескольких заголовков, что помогает понять продуктивность средств выразительности заголовков медиатекстов аэрокосмической тематики. В ходе работы проанализированы предпочтения читателей с целью определения наиболее эффективных типов заголовков для данной целевой аудитории. Результаты опроса показали, что большинство респондентов предпочитают заголовки с метафорами и аллюзиями. Так, заголовок становится неотъемлемой частью успешной публикации об аэрокосмической отрасли. Он не только привлекает внимание, но и формирует первое впечатление о материале, а при постоянном обращении к материалу широкой аудиторией будет сформировано общественное мнение в отношении дальнейшего развития аэрокосмической сферы. Создание эффективных заголовков требует глубокого понимания целевой аудитории, а также применения техник и стратегий по созданию эффективных заголовков медиатекстов аэрокосмической тематики. Таким образом, данная работа направлена на глубокое исследование влияния заголовка медиатекста аэрокосмической тематики на интерес читателя, что является актуальной задачей в условиях современного информационного общества.

Список используемых источников:

1. NASA Science Editorial Team, Sols 3805-3806: Two Steps Forward, One Step Back [Электронный ресурс] URL: <https://science.nasa.gov/blog/sols-3805-3806-two-steps-forward-one-step-back/> (дата обращения 09.02.2025).

2. Laura Mears// All about space, zombie stars – октябрь 2024 номер 116 – 100стр [Электронный ресурс] URL:

https://psv4.userapi.com/s/v1/d/tcHdbW0QmY2BOGKnDI7L22ICR9vjKpZZh1LjM6PeK8DPPuAa6DemX7p0CPk5PSy6xroBDhNY_IOnCxo-jfDiIsntxkTJmj8buCo1S28oWA3G4G9uV3c5_g/All_About_Space_-_Issue_161_2024.pdf (дата обращения 09.02.2025).

3. Pete Lawrence// Science Focus, THE QUEEN’S HAIR – март 2024, стр 93 (дата обращения 09.02.2025).

4. Sandra H. Magnuss//Aerospace Farewell, Not Goodbye – январь 2018, стр 68 [Электронный ресурс] URL: <https://archiveofourown.org/works/35692396> (дата обращения 09.02.2025).

Проведение рекламной кампании «Ловите лето» в сети Интернет авиаперевозчиком S7 Airlines

Фильцев П.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность заключается в том, что в условиях цифровизации экономики рекламные кампании в сети Интернет становятся важным элементом коммуникативной политики компаний. Эффективность данного инструмента рекламных кампаний в значительной степени влияет на отношение общественности к бренду и формирование спроса на услуги компании.

Объект: авиакомпания S7 Airlines.

Предмет: рекламная кампания «Ловите лето» в сети Интернет авиакомпанией S7 Airlines.

Цель работы: исследовать механизм проведения рекламной кампании в сети Интернет на примере компании «S7 Airlines», оценить её коммуникативную эффективность.

В ходе исследования выявлены разные подходы понимания рекламной кампании. Г.В. Омарова пишет, что рекламная кампания представляет собой систему мероприятий, включающую в себя рекламные средства для достижения маркетинговых целей. Т.П. Барановская, Е.А. Иванова, Ф.Р. Хачак обращают внимание, что рекламная кампания – это комплекс мероприятий, разработанный с целью вызвать реакцию потребителей для решения производителем стратегических и тактических задач.

Мудров А.Н. обращает внимание на практическую сторону рекламной кампании, выделяя оперативные (увеличение спроса на товар), поведенческие (привлечение потребителей) и множественные (разные виды рекламы для разных аудиторий) цели рекламной кампании. Вирин Ф.Ю. выделяет такие особенности рекламы в Интернете как разнообразие, высокая вовлеченность, персонализированность.

В работе рекламная кампания понимается комплекс мероприятий, объединённый одной идеей и направленный на воздействие на определённый круг потребителей с целью побуждения к действию с помощью коммуникативных приёмов. Инструментами кампании являются рекламу, PR, прямой маркетинг, стимулирование сбыта и др.

Проанализирована рекламная кампания 2024 г. «Ловите лето» авиакомпании S7 Airlines. В ней сочеталась рекламная и PR-деятельность, программы стимулирования сбыта.

По заявлению директора по маркетингу S7 Airlines Натальи Козловой, коммуникативной целью кампании являлось создание положительных эмоций, сохранение клиентов и повышение узнаваемости. Кампания акцентировала внимание потребителей на моментах, которые люди проживают летом.

На сайте компании, иных интернет-ресурсах активно использовались PR-тексты, направленные на то, чтобы вызвать у потребителя ощущение летнего отдыха через ассоциации с нагретым солнцем воздухом, блеском моря.

PR-деятельность в рамках рекламной кампании в сети Интернет интегрировалась с рекламной деятельностью. Были размещены рекламные видеоролики на сайте компании и в социальных сетях. Они стали вирусными, что говорит об эффективности коммуникации. При монтаже рекламы было использовано замедление времени, что позволило зрителю

обратить внимание на образы, вызывающие ассоциации с летом (купание в бассейне, поход в парк аттракционов, поездка на море).

В рекламной кампании «Ловите лето» S7 Airlines уделяла большое внимание взаимодействию с клиентами в социальных медиа. Она устроила розыгрыш в своём telegram-канале, предложив клиентам отправлять фотографии своих счастливых моментов в telegram-бот и получать возможность выиграть бонусные мили, чтобы потратить их на перелёты.

Данные примеры позволяют сделать вывод, что в рекламной кампании интегрируются рекламные, PR-коммуникации и стимулирование сбыта.

Коммуникативная эффективность рекламной кампании была исследована с помощью опроса 30 студентов МАИ. 58,1% респондентов вспоминают компанию S7 Airlines без напоминания. 41,9% пользуется услугами компании регулярно, что говорит о том, что авиаперевозчик попадает в категорию выбора и имеет высокий уровень известности. 71% узнали о фирме через рекламу, что подтверждает достижение повышения узнаваемости. 64,5% ответили, что S7 Airlines вызывает у них ассоциации с летом, отпуском, путешествиями. Таким образом, применение интегрированных коммуникаций в рамках рекламной кампании «Ловите лето» позволило достигнуть поставленных коммуникативных целей.

Вывод и рекомендации. Проведение кампании «Ловите лето» в сети Интернет S7 Airlines можно считать эффективным, так как компания смогла достичь поставленных коммуникативных целей. Интеграция коммуникаций была успешной, в связи с чем фирме следует учитывать положительный опыт при разработке новых рекламных кампаний.

Список используемых источников:

1. Ловите лето // S7 Airlines URL: <https://www.s7.ru/> (дата обращения: 14.02.2025).
2. Барановская Т.П., Иванова Е.А., Хачак Ф.Р. Автоматизированная подсистема планирования бюджета рекламной кампании // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – №20.
3. «Ловите лето»: новую рекламную кампанию запустила S7 Airlines // Sostav.ru – новости рекламы и маркетинга URL: <https://www.sostav.ru/publication/lovite-leto-novuyu-reklamnuyu-kampaniyu-zapustili-s7-airlines-67884.html> (дата обращения: 16.02.2025).

Новые рекламные технологии в деятельности авиаперевозчиков

Халтурин С.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Рекламное агентство «Доктор Юнг», Москва

Актуальность. В современном мире в условиях цифровизации экономики авиаперевозчики все чаще применяют новые рекламные технологии. В связи с этим, изучение этих технологий и их применения в рекламной деятельности авиаперевозчиков является актуальным, поскольку вносит вклад в модернизацию современного рынка отечественной рекламы в этой области.

Цель исследования – изучить возможности применения новых (инновационных) рекламных технологий в деятельности российских авиаперевозчиков.

Обзор. Данная тема изучается в работах многих исследователей, в том числе Ф.И. Шаркова, Джона-Франческа Фондевила-Гарсона, В.В. Бубнова и Н.М. Дубининой.

Новизна исследования заключается в определении возможностей применения новых технологий в деятельности авиаперевозчиков.

Исследование. В работе под рекламными технологиями понимается совокупность методов, приемов, операций и процедур, направленных на привлечение внимания и поддержание интереса к фирме, продукту или услуге [1].

Изучена технология алгоритмического таргетирования с персонализированными креативами в формате видеороликов. Она заключается в создании множества таргетированных рекламных предложений в формате коротких видеороликов, интегрированных в медийную экосистему Яндекс.Директа. Данной технологией воспользовалась авиакомпания «Utair», что повысило её продажи на 13%. [2].

Также была изучена технология синхронизации цифровых и телевизионных каналов через анализ данных телепросмотров. Она заключается в сборе данных по просмотрам

рекламы, запущенной по телевидению, и последующем таргетировании этой рекламы на новые целевые аудитории, которые не охватило телевидение, посредством её запуска на интернет-ресурсах. Например, на видеохостингах, в социальных сетях и др., применяя технологию программатик-видео (автоматическая покупка рекламных мест с учетом заданного таргетирования). Технология применялась «S7 Airlines», что обеспечило компании дополнительный прирост потребителей рекламы на 5,73%. [3].

Исследована технология продвинутой контекстной рекламы в Яндекс. Она основывается на формировании семантического ядра для приоритетных направлений авиаперевозчика. Ядро состоит из текстовых и графических материалов, которые, исходя из таргетирования аудитории, предоставляют ссылки, уточнения и цены на услуги авиаперевозчика, повышая информативность материалов и точность сегментации аудитории. Данной технологией воспользовалась авиакомпания «Red Wings», получив рентабельность инвестиций в медийную рекламу, равную 2 424% от вложений в неё. Этот показатель был достигнут за счет точного соответствия поисковых запросов пользователей рекламным предложениям [4].

Выводы и рекомендации:

1. Применение цифровых технологий повышает экономическую эффективность рекламных коммуникаций.
2. Российские авиакомпании применяют новые рекламные технологии, но это носит фрагментарный характер.
3. Рекомендуем авиаперевозчикам применение новых цифровых технологий в коммуникативной деятельности. Это повысит эффективность рекламной информации в том числе за счёт применения сегментирования и точного таргетирования распространяемых данных.

Список используемых источников:

1. Бубнов В. В., Дубинина Н.М., Соколов А.М. PR-технологии продвижения вертолетов на авиарынок (на примере холдинга "Вертолеты России") М.: «Эдитус». 2016. 132 с. (дата обращения: 25.02.2025).
2. Как Utair увеличил продажи билетов по ключевым направлениям на 13%. URL: <https://yandex.ru/adv/solutions/cases/utair-velichil-prodazhi-biletov-po-klyuchevym-napravleniyam> (дата обращения 09.02.2025).
3. Key Digital Alliance, S7 Airlines и Easy Media: как достроить ТВ-охваты в диджитале. URL: <https://www.sostav.ru/publication/s7-airlines-easy-media-i-digital-alliance-kak-postroit-okhvat-reklamnoj-kampanii-blagodarya-krossmedijnomu-planirovaniyu-tv-i-digital-62165.html> (дата обращения 15.02.2025).
4. Соединяем города — новая SMM-концепция авиакомпании Red Wings. URL: <https://workspace.ru/awards/cases/soedinyajem-goroda-novaya-smm-koncepciya-aviakompanii-red-wings/> (дата обращения 21.02.2025).

Секция №9.3 Инновационные HR-технологии в авиационно-космической отрасли

Использование инструментов предиктивной HR-аналитики в авиационно-космической отрасли

Бевер А.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Авиакосмическая сфера характеризуется высокими требованиями к надежности и безопасности, что делает применение предиктивной HR-аналитики крайне важным для предотвращения катастроф и минимизации финансовых потерь.

При помощи инструментов HR-аналитики компании могут анализировать и прогнозировать протекающие во времени процессы, прогнозировать изменения, что позволяет компаниям эффективно планировать свою деятельность, собирать огромные объемы данных, которые требуют эффективных методов анализа для извлечения полезной информации.

Предиктивная HR-аналитика — это передовая технология, базирующаяся на массиве собранных данных, используемых для моделирования, которое позволяет предсказывать техническое состояние оборудования, оценивать его надёжность и отслеживать другие важные параметры бизнеса. Эта аналитическая система помогает идентифицировать возможные риски и перспективные направления развития.

Главная цель предиктивной HR-аналитики состоит в обнаружении скрытых взаимосвязей внутри данных, чтобы обеспечить принятие взвешенных управленческих решений.

Фундаментом этой методики служат статистические подходы, такие как регрессия и классификация [1]

Регрессия охватывает целый ряд статистических методик, предназначенных для изучения связей между переменными. Основная её цель — оценить характер взаимоотношений между ними. С помощью регрессионного анализа можно исследовать степень взаимозависимости различных факторов либо построить модели, предсказывающие будущие изменения.

Эти методы позволяют наглядно показать, каким образом изменения одной или нескольких независимых переменных влияют на значение зависимой переменной [1].

Классификация как один из методов предиктивной аналитики изучает наборы данных, где каждому наблюдению соответствуют значения целевой переменной и набора признаков. Этот подход направлен на выявление закономерностей между признаками и целевыми значениями, что позволяет делать прогнозы относительно будущих событий или состояний системы.

Предиктивная HR-аналитика включает несколько ключевых методов и подходов, направленных на обработку и интерпретацию данных для прогнозирования будущих событий:

1. Регрессионный анализ: данный метод применяется для выявления зависимостей между различными переменными (например, между уровнем заработной платы и степенью удовлетворенности сотрудников). Это позволяет создавать модели, способные предсказывать поведение работников на основании уже имеющихся данных.

2. Методы классификации и кластеризации: эти техники используются для распределения объектов по категориям на основе заданных критериев. Они полезны для анализа эффективности работы команды или отдельных сотрудников, а также для прогнозирования уровня производительности [1].

3. Деревья решений: это техника классификации и регрессии, которая строит древовидную структуру для принятия решений на основе представленных данных. Она

последовательно разбивает данные на подгруппы, используя критерии, оптимизирующие разделение, что позволяет точно прогнозировать результаты.

Использование предиктивной аналитики, являющейся одной из разновидностей HR-аналитики в мире цифровых технологий, привело к выходу процессов эксплуатации авиационной техники на новый уровень эффективности.

Чтобы добиться точности прогнозов, в систему вводятся эксплуатационные, проектные и конструкторские данные, сведения о корректировках параметров оборудования в процессе обычной работы, информация о проведенных технических обслуживаниях и зарегистрированных сбоях. Сюда же включаются актуальные показатели, такие как давление, температура, расход топлива, специальные жидкости и прочие параметры.

С помощью искусственного интеллекта эксплуатант может определить, когда необходимо совершить промывку авиационного двигателя, чтобы температура газа за турбиной не достигала критических значений и сохранялся оптимальный расход топлива [1]. Это приводит к снижению затрат на обслуживание авиационной техники, так как двигатель промывается дорогостоящими средствами.

Федеральное агентство NASA активно использует предиктивную аналитику в своей деятельности.

Представители компании в рамках проекта NASA System-Wide Safety (SWS) пришли к выводу, что инновационные HR-технологии, включая предиктивную аналитику, позволяют выявлять риски и контролировать безопасность для предотвращения аварийных ситуаций.

При помощи предиктивной аналитики NASA улучшило управление рисками и обеспечило безопасность путем заблаговременного выявления рисков и причинных факторов до возникновения чрезвычайной ситуации.

Инструменты аналитики машинного обучения открыли агентству возможность снизить эксплуатационные риски и определять их причинные факторы [3].

Использование предиктивной HR-аналитики в авиационно-космической отрасли имеет большой потенциал, так как открывает отрасли возможность повысить эффективность работы предприятий, оптимизировать производительность труда, поддержать стратегическое планирование, а также снизить затраты предприятий.

Список используемых источников:

1. Ж. «Научный лидер», выпуск #2 (47), январь '22 // Актуальность и возможности предиктивной аналитики // <https://scilead.ru/article/1428-aktualnost-i-vozmozhnosti-prediktivnoj-analit>.
2. Предиктивная аналитика: как искусственный интеллект предсказывает поломку самолёта // Вестник Московского Авиационного Института 11.11.24 // <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=182989>.
3. Habitats Optimized for Missions of Exploration – NASA // <https://www.nasa.gov/directorates/stdnd/space-tech-research-grants/habitats-optimized-for-missions-of-exploration-home/>.

Развитие технологий профессионального самоопределения студентов профильных вузов

Боголюбова В.О.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Коновалова В.Г.

ГУУ, Москва

Предлагаемая методика поддержки профессионального самоопределения и трудоустройства студентов/выпускников профильных высших учебных заведений охватывает следующие ключевые аспекты:

1. Анализ потребностей. Включает проведение социологических исследований среди обучающихся и выпускников с целью определения их актуальных запросов и ожиданий от карьерных центров. В рамках данного этапа проводится мониторинг рынка труда для выявления востребованных профессий и ключевых квалификационных требований.

2. Формирование партнёрских отношений. Установление взаимовыгодного сотрудничества с работодателями для получения актуальной информации о текущих тенденциях на рынке труда и требованиях к выпускникам. Создание специализированных платформ для активного взаимодействия с профессиональными сообществами и ассоциациями, что обеспечивает адаптацию учебных планов под актуальные запросы индустрии.

3. Разработка программ профессиональной ориентации. Организация регулярных мастер-классов, семинаров и тренингов, предоставляющих возможность прямого контакта студентов с профессионалами отрасли. Внедрение программ стажировок, позволяющих обучающимся получать практические навыки в различных областях деятельности.

4. Индивидуализированный подход. Развитие системы персональных консультаций с карьерными специалистами, способствующих эффективному выбору профессионального пути и созданию индивидуального карьерного плана. Проведение психологической поддержки и тренингов по развитию надпрофессиональных компетенций (soft skills), важных для успешной адаптации на рабочем месте.

5. Мониторинг и сбор обратной связи. Регулярное проведение мониторинга процесса трудоустройства и последующего карьерного развития выпускников, что позволяет выявлять сильные стороны программы и направления для её оптимизации. Сбор отзывов участников через анкетирование с целью оценки качества предоставляемых услуг и последующей корректировки программ в зависимости от полученных результатов.

6. Развитие информационно-коммуникационных технологий. Создание специализированной цифровой платформы для публикации вакансий, предложений по стажировкам и программам повышения квалификации. Введение электронных сервисов для записи на мероприятия, консультации и мониторинга карьерного прогресса студентов.

Реализация данной методики требует учёта количественных показателей трудоустройства выпускников, включая тех, кто начал трудовую деятельность, открыл собственное дело или перешёл на статус самозанятых лиц, а также продолживших своё обучение в магистратуре, аспирантуре или иных образовательных программах. Данный анализ даёт возможность сегментировать выпускников по различным категориям и подробно изучить траектории их карьерного продвижения.

Важным аспектом является оценка рисков безработицы, особенно в условиях нестабильности, которые могут негативно сказаться на перспективах трудоустройства отдельных категорий студентов. Степень вероятности таких рисков зависит от ряда факторов, таких как специализация, качество полученного образования и наличие практических навыков.

Необходимо уделять особое внимание таким показателям, как средний уровень дохода трудоустроившихся выпускников, процент занятых по специальности и степень удовлетворённости своей работой. Эти параметры позволяют объективно оценивать состояние рынка труда и эффективность предпринятых вузом мер по поддержке выпускников.

Не менее значимым представляется уровень осведомлённости выпускников о проводимых мероприятиях, ориентированных на содействие поиску работы. Информация о карьерных ярмарках, тренингах по составлению резюме и подготовке к собеседованиям должна доводиться до студентов своевременно, что повысит их конкурентоспособность и облегчит процесс трудоустройства.

Другой важный индикатор — число выпускников, зарегистрированных в службах занятости. Его высокий уровень свидетельствует о наличии трудностей с поиском работы, обусловленных низкой востребованностью определённых специальностей, отсутствием необходимого практического опыта или несоответствием квалификаций требованиям работодателей.

Наконец, значительное значение имеет участие выпускников в программах дополнительного профессионального образования и переквалификации. Такие программы способствуют повышению конкурентоспособности на современном рынке труда, обеспечивая актуальность знаний и навыков выпускников. Они также развивают

междисциплинарные способности, такие как коммуникабельность, критическое мышление и умение работать в команде, что становится всё более востребованным в современной экономике.

Список используемых источников:

1. Изучение проблемы профессионального самоопределения студентов вуза / М. В. Мухина, Т. А. Фокина, О. В. Голубева, С. О. Голованова // Мир науки. Педагогика и психология. – 2019. – Т. 7, № 6. – С. 58. – EDN HOWFAX.

2. Odnokaya M., Krepkaya T., Sheredekina O., Bernavskaya M. The culture of professional self-realization as a fundamental factor of students' internet communication in the modern educational environment of higher education // Education Sciences. 2019. №9 (3). p. 187.

Использование технологий ИИ в управлении персоналом организации: возможности и риски

Волгина А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лифановская О.В.

Финансовый университет, Москва

В настоящее время активно развиваются новые IT-технологии, включая искусственный интеллект, открывающий широкий спектр возможностей для автоматизации и упрощения ведения бизнес-процессов, в том числе и для управления персоналом (HR). К примеру, следует отметить, что усовершенствование путем автоматизации процессов подбора и обучения сотрудников компании, позволяет оптимизировать эффективность использования временных, денежных и иных ресурсов организации. Однако, кроме полезного эффекта, применение искусственного интеллекта может повлечь за собой и определённые риски: дискриминации при приеме на работу, появление ошибок ввиду только развивающихся технологий и отсутствия анализа со стороны специалистов

Объектом исследования моей работы является процесс управления и отбора персонала в организации промышленного комплекса. В качестве предмета представлено использование искусственного интеллекта в процессе отборе персонала.

Проблемой данной исследовательской работы является определение основных возможностей и угроз, которых провоцирует применение и внедрение в бизнес-процесс управления персоналом новых ИИ-технологий. Кроме того, нельзя не отметить важность анализа влияния данных технологий на эффективность процесса.

В работе рассмотрены основные направления применения искусственного интеллекта в управлении персоналом: системы управления кандидатами, алгоритмы прогнозирования текучести кадров, использование чат-ботов для поддержания коммуникаций, а также обучение и развитие сотрудником при помощи образовательных платформ с виртуальными ассистентами и помощниками. Особое внимание уделяется процессу отбора персонала и анализу эффективности систем управления кандидатами (ATS).

В данной исследовательской работе выявлены основные возможности и угрозы использования ИИ-технологий для управления персоналом организации.

В качестве возможностей можно выделить:

- оптимизация временных и денежных ресурсов;
- повышение объективности и прозрачности отбора персонала;
- расширение возможностей и улучшение аналитики.

В качестве основных рисков отмечаются следующие:

- дискриминация кандидатов по возрастным, расовым, национальным и иным признакам из-за особенностей алгоритмов;
- ошибки алгоритмов;
- киберугрозы, приводящие к потере конфиденциальных данных и др.

В завершение всего вышесказанного, следует отметить, что искусственный интеллект выступает в качестве инструмента модернизации бизнес-процессов по управлению кадрами и не в состоянии заменить полноценных HR-специалистов. Успешное использование ИИ-

технологий возможно только при соблюдении баланса между автоматизированным и ручным контролем.

Список используемых источников:

1. Поток Рекрутмент — система автоматизации точечного и массового подбора персонала // Поток Рекрутмент URL: <https://potok.io/recruitment/> (дата обращения: 17.02.2025).

2. Кадровые риски и методы управления ими // Власта персонал URL: http://www.vlasta-p.com/useful_info/kadrovye-riski-i-metody-upr-5 (дата обращения: 25.02.2025).

Мотивация молодых специалистов

Волчков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

Актуальность темы: в условиях современного рынка труда мотивация молодых специалистов становится ключевым фактором для успешного функционирования организаций. Молодые специалисты представляют собой важный ресурс для инновационного развития и конкурентоспособности компаний.

Определение мотивации: мотивация — это процесс, который побуждает человека к действию для достижения определённых целей. В контексте молодых специалистов это включает как внутренние, так и внешние стимулы, влияющие на их профессиональную деятельность.

Факторы мотивации:

- финансовая мотивация: заработная плата и бонусы остаются важными аспектами, однако не единственными;
- карьерный рост: возможности для профессионального развития и продвижения по карьерной лестнице являются значимыми для молодых специалистов;
- рабочая среда: комфортные условия труда, поддержка со стороны руководства и коллег способствуют повышению мотивации.

Влияние корпоративной культуры: корпоративная культура, основанная на доверии, уважении и открытости, играет важную роль в мотивации. Молодые специалисты ценят компании с позитивной атмосферой и возможностью самовыражения.

Обратная связь и признание: регулярная обратная связь о работе, а также признание достижений способствуют повышению самооценки и мотивации молодых специалистов.

Гибкость рабочего времени: возможность гибкого графика и удалённой работы становится всё более важной для молодых работников, что позволяет им лучше балансировать личную и профессиональную жизнь.

Обучение и развитие: инвестиции в обучение и повышение квалификации сотрудников помогают не только развивать их навыки, но и повышают уровень их вовлечённости в работу.

Социальные инициативы: участие в социальных проектах и корпоративных волонтерских инициативах может увеличить удовлетворённость работой и приверженность компании.

Проблемы низкой мотивации: низкая мотивация может привести к снижению производительности, высокой текучести кадров и ухудшению общего климата в коллективе.

Рекомендации для работодателей: для повышения мотивации молодых специалистов необходимо внедрять комплексный подход, включающий финансовые и нефинансовые стимулы, создание комфортной рабочей среды и возможности для личностного роста.

Закключение: эффективная мотивация молодых специалистов требует от работодателей понимания их потребностей и ожиданий, а также готовности адаптироваться к изменяющимся условиям рынка труда. Создание условий для профессионального роста и удовлетворенности работой — залог успешного сотрудничества между молодыми специалистами и организациями.

О типах корпоративной культуры авиапредприятий гражданской авиации Данилова Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Степаненко Е.В.

МГТУ ГА, Москва

В авиации эффективность деятельности компании особенно зависит от профессионализма и личных качеств персонала. Анализ множества научных источников показал, что человеческий фактор является причиной 70-78% авиационных происшествий [1]. Однако, стоит отметить, что авиатранспорт — это не просто безопасная перевозка, но и качественный сервис. Равнодушные сотрудники «оттолкнут» пассажиров, поэтому важно завоевать не просто лояльность, а приверженность клиентов. Для этого компании создают мотивационные системы удержания ценных сотрудников, формируя уникальный человеческий капитал, который является стратегическим ресурсом. В этой связи можно говорить о роли корпоративной культуры в формировании кадровой политики авиапредприятий.

Корпоративная культура определяется как совокупность внутрифирменных базовых норм, правил и принципов взаимоотношений персонала, изобретённых, открытых или выработанных определённой группой людей по мере того, как организация училась решать проблемы, связанные с её адаптацией к внешней и внутренней среде [2, с. 13]. В рамках исследования возьмем данное определение.

Модель Камерона и Куинна выделяет 4 типа корпоративной культуры: клановая (дружная, командная); адхократическая (инновационная, предпринимательская); рыночная (конкурентная, ориентированная на результат; иерархическая (структурированная, контролируемая) [3].

В каждой компании могут быть элементы разных культур. Для подтверждения данной гипотезы, в работе проведено аналитическое исследование, включающее сравнительный анализ корпоративной культуры авиакомпании ПАО «Аэрофлот. Р.А.» и «S7 Airlines».

Исторически авиакомпания ПАО «Аэрофлот. Р.А.» является крупнейшей и старейшей авиакомпанией России, унаследовавшей многое от советской системы. Предполагается, что в компании сильны вертикальные связи, формальные процедуры, правила и контроль. Большое внимание уделяется соблюдению норм и стандартов. Авиакомпания ПАО «Аэрофлот. Р.А.» является лидером рынка и стремится к удержанию своих позиций, поэтому в компании также могут быть сильны элементы рыночной культуры, ориентированной на конкуренцию, достижение результатов и прибыльность. Характерные черты: централизованное управление; строгая иерархия; большое внимание к безопасности и соблюдению правил; ориентация на эффективность и прибыльность; сильный корпоративный бренд. [4].

Таким образом, анализ сайта авиакомпании ПАО «Аэрофлот. Р.А.» позволил сделать вывод о типе корпоративной культуры - иерархическая с элементами рыночной.

В «S7 Airlines» заметно стремление к гибкости и адаптивности, выражающееся в активном внедрении инноваций и современных технологий. В компании, как представляется, культивируется креативный подход и приветствуются эксперименты. Выявлены основные признаки: управление, предполагающее делегирование полномочий; фокус на новаторство и передовые технологии; активное использование маркетинга для привлечения клиентов; постоянное стремление к улучшению качества обслуживания.

Основываясь на результатах анализа, можно сделать следующие выводы:

1. В российском авиатранспорте, по-видимому, преобладает иерархическая корпоративная культура. Причины этого кроются в историческом контексте развития, строгом государственном контроле и повышенной ответственности за безопасность.

2. Вывод об универсальности конкретного типа культуры для авиапредприятий РФ сделать нельзя. Оптимальный выбор зависит от целей, стратегий компании и ситуации на рынке. Иерархическая культура подходит организациям, делающим ставку на стабильность и четкость процессов. Рыночный или адхократический типы предпочтительны для тех, кто стремится к быстрому росту и инновациям.

3. Не существует единого шаблона успешной корпоративной культуры. Ориентироваться нужно на собственные цели и задачи. Современный подход – это интеграция лучших черт разных типов: сочетание стабильности с гибкостью.

Современные тенденции указывают на необходимость интеграции элементов разных типов культур: сочетание стабильности и контроля с гибкостью и инновационностью.

Список используемых источников:

1. Степаненко Е.В. Факторы, влияющие на деятельность экипажа воздушного судна в экстремальной ситуации / Е.В. Степаненко, Т.И. Шурдукова // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации – 2010. – № 162. – С. 136-143. – EDN NULWUX.

2. Цветкова О.В. Корпоративная культура как один из основных компонентов управления человеческими ресурсами в авиакомпании / О.В. Цветкова, Б.В. Артамонов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации – 2006. – №104. – С. 153-159.

3. Камерон К., Куинн К. Диагностика и изменение организационной культуры / Пер. с англ. под ред. И. В. Андреевой. // СПб: Питер, 2001. — 64-79 с.: ил. — (Серия «Теория и практика менеджмента»).

4. Демченко А.М. Исследование динамики пассажиропотока низкобюджетных авиакомпаний /А.М. Демченко, А.С. Степаненко// Наукосфера. – 2024. – № 1-2. – С. 305-311. – DOI 10/5281/zenodo.10572136/ - EDN PVROGR.

Роль человеческих ресурсов при экспертизе проектов

Лексиков Н.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Воронцова Ю.В.

ГУУ, Москва

Человеческие ресурсы имеют важное значение, особенно при проведении экспертизы проектов на стадии аванпроекта. Для формирования критериального пространства необходимо создать пул экспертов, мнения которых нужно учитывать. Для создания

исчерпывающего перечня критериев, по которым в дальнейшем будет производиться оценка, необходима множественность экспертов. За счет большого их числа можно минимизировать отдельные субъективные оценки при формировании критериального пространства для дальнейшего проведения экспертизы проекта [2]. Отбор экспертов может проводится в несколько этапов. На первом этапе определяется категория человеческих ресурсов, из которых будет производиться отбор людей, зарекомендовавших себя в отрасли [1]. Далее определяется способ получения от них необходимой информации для формирования критериального пространства. В качестве примера можно привести использование метода интервьюирования. При выделении критериев оценки для проведения экспертизы проекта на стадии аванпроекта нужно также учитывать весовой коэффициент, который необходимо присвоить эксперту с целью приоритетности учета мнения конкретного специалиста. Первый этап завершается формированием исчерпывающего перечня критериев для оценки проекта на стадии его разработки/аванпроекта [3]. На втором этапе отбор экспертов происходит с целью уже непосредственной экспертизы конкретного проекта. И это могут быть специалисты как из уже сформированного пула, так и лица, ранее не участвующие в формировании критериального пространства. Эти эксперты приглашаются для проведения экспертизы конкретного проекта. При этом можно использовать любой из эвристических методов, моделирующих действия лица, принимающего решение. В качестве таких методов могут быть метод экспертных оценок, балльный метод, метод мозгового штурма и др.

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 Воронцова, Ю.В., Альман, А.С., Баранова, С.В. Экспертиза проектов творческих индустрий // Муниципальная академия, 2025, №2.

HR-аналитика и большие данные в управлении персоналом авиакосмических корпораций

Мустафина К.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Эффективное использование HR-аналитики и больших данных позволяет авиакосмическим корпорациям оптимизировать процессы управления персоналом, повысить производительность и удерживать высококвалифицированных специалистов, что критически важно для сохранения конкурентоспособности в условиях быстро меняющегося рынка и технологического прогресса.

Авиакосмическая отрасль характеризуется высокой сложностью и наукоемкостью, требуя от сотрудников глубоких знаний, опыта и постоянного профессионального развития. Управление персоналом в таких корпорациях сталкивается с рядом специфических вызовов:

- Нехватка квалифицированных кадров: Высокие требования к квалификации и ограниченное количество выпускников специализированных учебных заведений создают дефицит квалифицированных специалистов.

- Высокая конкуренция за таланты: авиакосмические корпорации конкурируют за лучших специалистов с другими высокотехнологичными отраслями, такими как ИТ, электроника и машиностроение.

- Необходимость непрерывного обучения и развития: быстрое развитие технологий требует постоянного повышения квалификации сотрудников и адаптации к новым требованиям.

В этих условиях HR-аналитика и большие данные становятся мощным инструментом для решения ключевых задач управления персоналом:

- Прогнозирование увольнений: анализ данных о сотрудниках (производительность, посещаемость, удовлетворенность работой, вовлеченность) позволяет выявлять факторы, влияющие на увольнения, и разрабатывать стратегии удержания ценных специалистов. Модели машинного обучения могут предсказывать вероятность увольнения конкретного сотрудника и тем самым позволять HR-менеджерам вовремя принимать меры.

- Оптимизация найма: анализ данных о кандидатах, источниках найма, времени заполнения вакансий и стоимости найма позволяет оптимизировать процессы рекрутинга, привлекая лучших кандидатов и сокращая затраты.

- Повышение производительности: анализ данных о производительности, навыках и компетенциях сотрудников позволяет выявлять "узкие места" и разрабатывать программы обучения и развития, направленные на повышение эффективности работы.

- Оптимизация обучения и развития: анализ данных о результатах обучения, потребностях в навыках и компетенциях позволяет разрабатывать более эффективные программы обучения и развития, направленные на удовлетворение потребностей бизнеса.

Источниками больших данных для HR-аналитики в авиакосмических корпорациях могут быть:

- HR-системы (HRIS): данные о сотрудниках, их заработной плате, стаже, должности, образовании, опыте работы.

- Системы учета рабочего времени: данные о посещаемости, отпусках, больничных листах.

- Системы оценки производительности: данные об оценках сотрудников, достигнутых результатах, выполненных проектах.

- Опросы удовлетворенности и вовлеченности сотрудников: данные о мнении сотрудников о работе, условиях труда, руководстве и т.д.

- Данные из социальных сетей и профессиональных платформ: информация о навыках, опыте и карьерных интересах потенциальных кандидатов.

- Данные с датчиков и систем мониторинга (в производственных процессах): информация о безопасности, эффективности и качестве работы оборудования и персонала.

Реализация HR-аналитики требует наличия квалифицированных специалистов (аналитиков данных, HR-специалистов), соответствующих инструментов (программное обеспечение для анализа данных, визуализации, машинного обучения) и четко определенных целей. Важно также учитывать этические аспекты использования данных, обеспечивая конфиденциальность и защиту персональных данных сотрудников.

HR-аналитика и большие данные представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности управления персоналом в авиакосмических корпорациях. Их применение позволяет оптимизировать процессы найма, удержания, развития и повышения производительности сотрудников, что критически важно для сохранения конкурентоспособности в условиях быстро меняющегося рынка и технологического прогресса. Внедрение HR-аналитики требует комплексного подхода, включающего подготовку квалифицированных специалистов, использование соответствующих инструментов и учет этических аспектов.

Список используемых источников:

1. Прозоровская К.А. П178 HR-аналитика и анализ больших данных в системе управления персоналом : монография / К.А. Прозоровская. — СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023. — 116 с. ISBN 978-5-7310-6213-8.

2. Назайкинский С.В. Роль HR-аналитики в принятии управленческих решений в организациях / С.В. Назайкинский, О.Л. Седова // Вестник РГГУ. — 2017. — № 3 (9). — С. 9-19.

3. Петрусева Д.А. HR-аналитики как инструмент принятия стратегических решений в бизнесе // Наука и образование в глобальных процессах. 2019. №1 (6). С. 40-43.

Особенности привлечения молодёжи (на примере ПАО «Горьковский автомобильный завод»)

Овчарик А.Д.

Научный руководитель — Денисов А.М.
РТУ МИРЭА, Москва

В настоящее время на промышленных предприятиях особенно остро стоит проблема нехватки кадров. Молодые специалисты редко рассматривают завод в качестве перспективного места работы.

В таком случае возникает вопрос, как привлечь молодёжь и в дальнейшем с ней работать. В 2024 году я в составе группы студентов прошла стажировку на Горьковском автомобильном заводе (ПАО «ГАЗ») [1]. Данная организация занимается производством грузовых автомобилей и корпоративного транспорта. Численность работников на предприятии составляет более 30 тысяч человек, средний возраст персонала – 43 года.

HR-специалисты Горьковского автомобильного завода полагают, что процесс формирования и привлечения будущих сотрудников следует начинать с дошкольного возраста. В связи с этим, модель подготовки кадров на заводе организована следующим образом:

1. Музей истории ПАО «ГАЗ», программы профессиональной навигации [2]. Целью работы с дошкольным и школьным возрастом является ранняя профориентация и развитие необходимых технических компетенций для подготовки потенциальных кадров.

2. Инженерно-технологические классы, детские технопарки. В 13 школах в Нижнем Новгороде, Ярославле, Павлово, Ликино-Дулево созданы дополнительные часы по физике и математике в рамках основной образовательной программы

3. РОБОФЕСТ, РОБОКРОСС – соревновательные события

4. Техникумы, колледжи, высшие учебные заведения. Целью является практическая профессиональная подготовка рабочих и специалистов. создание базовой кафедры НГТУ. В

период 2020-2024 года было проведено 405 профориентационных мероприятий с охватом 92 000 студентов вузов и сузов.

5. Горьковский автомобильный завод

На базе завода функционирует Совет молодёжи, который объединяет 20 советов молодёжи компании, численностью более 300 молодых сотрудников до 35 лет [3]. За прошлый год было проведено около 120 корпоративных мероприятий с общим охватом около 5000 тысяч человек.

Совет молодёжи проводит ряд мероприятий, которые помогают быстрее влиться в коллектив новым сотрудникам:

1. Неформальный чай (проведение встреч с руководителем и новыми сотрудниками).
2. Тимбилдинг. (до начала проведения мероприятий текучесть молодёжи составила 4,4%, после проведения – 1,05%).

3. Дело молодых (опросы, чтобы понять, чем хочет заниматься молодой персонал). В результате это позволило увеличить заинтересованность молодёжи

4. Проект «Электронный наставник» (дополнение к welcome буклетам, создан pdf-документ и в будущем руководители планируют включить в мобильное приложение следующее):

- информацию, которую новый сотрудник должен получить в первое время работы;
- карта административного корпуса (с указанием подразделений, столовых, буфетов, медицинского пункта);
- информация о руководстве (ФИО, фотография, должность, секретари, номера телефонов, место расположения);
- структура подразделений с краткой информацией о деятельности;
- локальные распорядительные акты;
- информация о работе медицинских учреждений (сроки прохождения медицинского осмотра, ДМС);
- время работы столовых и буфетов;
- краткая информация про общественные организации, как в них вступить (Профсоюз, Совет Молодёжи, Рабочие Советы). Встречи с Советом молодёжи позволили новым сотрудникам быстрее пройти адаптацию.

Таким образом на Горьковском автомобильном заводе осуществляется программа по привлечению молодежи. Для компаний крайне важно вовлекать молодое поколение, так как именно молодые специалисты способствуют развитию организации, принося свежие идеи, которые могут способствовать внедрению новых технологий и оптимизации производственных процессов.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт Горьковского автомобильного завода – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nn.gaz.ru/> (дата обращения 26.02.2025).

2. Официальный сайт музея истории ГАЗ – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://museum.gaz.ru/history/gaz-history/> (дата обращения 26.02.2025).

3. Сайт профкома Горьковского автозавода – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://profkom.gaz.ru/sovet_molod.asp (дата обращения 26.02.2025).

Анализ факторов, влияющих на цифровизацию организации и нормирования труда работников предприятий авиастроительной отрасли

Пронина В.А.

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

МАИ, Москва

Успешное внедрение цифровых технологий в авиастроении напрямую зависит от эффективной организации и нормирования труда работников. Признание уникальных особенностей их работы и адаптация системы управления персоналом к требованиям цифровой трансформации — это ключевые условия для достижения успеха в этой сфере.

В контексте цифровизации организации и нормирования труда научных работников предприятий авиастроительной отрасли, важно отметить ряд ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на этот процесс.

Широкое внедрение ИИ, машинного обучения, Big Data и других технологий требует от предприятий авиастроительной отрасли инвестиций в современное оборудование и ПО. Успешная цифровизация зависит от эффективной интеграции различных цифровых систем, таких как системы проектирования (CAD), управления производством (MES), управления проектами (PMS), управления человеческими ресурсами (HRM), а также инструментов для совместной работы и коммуникации.

Цифровизация может потребовать пересмотра существующей организационной структуры и процессов, чтобы обеспечить эффективное использование новых технологий и данных. Необходима подготовка и переподготовка научных работников для работы с новыми технологиями и данными.

Существуют сложности, связанные со стандартизацией данных и процессов в области авиастроения. Разные предприятия могут использовать различные форматы данных и стандарты, что затрудняет обмен информацией и интеграцию систем. Необходима разработка единых стандартов для обеспечения совместимости и межплатформенной интеграции.

Цифровизация требует значительных инвестиций в ПО, оборудование и обучение персонала. Важным фактором является оценка экономической эффективности цифровых проектов и определение срока окупаемости инвестиций.

Кроме того, следует учитывать также специфические особенности организации и нормирования труда научных работников на предприятиях авиастроительной отрасли, которые могут повлиять на процесс цифровизации этих процессов.

Комплексный анализ показал, что работники в авиастроении, как правило, обладают узкими специализациями и компетенциями, что обусловлено сложностью и многогранностью задач, решаемых в отрасли, а современные проекты в авиастроении требуют тесного сотрудничества специалистов из различных областей, таких как аэродинамика, материаловедение, информационные технологии и др.

Разработка и внедрение новых технологий в авиастроении – это длительный процесс, который может занимать от нескольких лет до десятилетий.

Оценка эффективности работы сотрудника в авиастроении сопряжена с трудностями, поскольку результаты его труда часто носят абстрактный и долгосрочный характер, ведь проекты в авиастроении часто уникальны и в большинстве своем не поддаются стандартной оценке по времени и ресурсам.

Необходимо, создание условий для непрерывного обучения и развития сотрудников предприятий авиастроения в рамках единой информационной экосистемы - предприятия, образовательные учреждения, государственные управляющие и контролирующие органы: инвестиции в образование и переподготовку научных сотрудников являются залогом успешной адаптации к требованиям цифровизации.

Также, необходимо развитие гибких моделей занятости: внедрение онлайн работы, фриланса, проектной занятости и других нетрадиционных форм работы позволит привлечь талантливых специалистов и повысить эффективность использования человеческих ресурсов и пересмотр подходов к оценке эффективности: разработка новых метрик и методик, учитывающих вклад сотрудников в инновации и развитие цифровых технологий, а также сам аспект цифровизации.

И не менее важное – активное вовлечение научных работников в процесс цифровизации: создание условий для участия сотрудников в разработке и внедрении цифровых решений, а также предоставление им необходимых ресурсов и инструментов.

Список используемых источников:

1. Пронина, В. А. Оценка конкурентоспособности персонала с учетом критериев эффективности / В. А. Пронина, А. И. Тихонов // Естественнo-гуманитарные исследования. – 2024. – № 1(51). – С. 421-426. – EDN BGOMUO.

2. Пронина, В. А. Управление персоналом высокотехнологических предприятий в условиях цифровой экономики / В. А. Пронина, А. И. Тихонов // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7, № 7. – DOI 10.55186/2413046X_2022_7_7_442. – EDN JGHXXD.

3. Тихонов, А. И. Рынок труда в авиастроении : учебное пособие / А. И. Тихонов, А. А. Михайлов. – Москва : Издательство «Знание-М», 2024. – 140 с. – ISBN 978-5-00187-772-1. – EDN QXVWVX.

Эффективность внутренних программ обучения (на примере ПАО «Горьковский автомобильный завод»)

Стрекалова П.О.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

В современных условиях кадрового дефицита и высокой конкуренции за квалифицированные кадры предприятия стремятся развивать внутренние программы обучения. Это позволяет не только восполнять нехватку специалистов, но и формировать устойчивый кадровый резерв, ориентированный на долгосрочные стратегические цели компании. Компании, эффективно занимающиеся поиском, развитием, мотивацией и удержанием талантливых работников, способны получить преимущество в доступе к ограниченному ресурсу, что способствует значительному повышению их конкурентоспособности [1]. Цель управления талантами – обеспечить приток талантов, поскольку они являются основным ресурсом корпорации [2, с. 374]. Одним из примеров успешной реализации внутренних программ обучения является ПАО «Горьковский автомобильный завод» (ПАО «ГАЗ»), где функционирует многоуровневая система подготовки и развития сотрудников.

Основу системы составляет «Программа развития лидеров» (ПРЛ), которая направлена на подготовку сотрудников к линейным управленческим позициям [3]. Ключевой особенностью программы является сочетание теоретического и практического обучения. Участники проходят четыре двухнедельные стажировки в различных подразделениях предприятия, решая реальные производственные задачи. Это позволяет сотрудникам не только углубить профессиональные знания, но и адаптироваться к управленческой деятельности. Важную роль в программе играет наставничество: действующие руководители принимают участие в подготовке участников, что способствует формированию культуры лидерства и ответственности за развитие персонала.

Для более опытных сотрудников действует «Программа развития лидеров 2.0», ориентированная на средний менеджмент и кадровый резерв на должности директоров предприятия [3]. В отличие от базовой программы, основной упор делается на самостоятельность участников. Они самостоятельно организуют группы для стажировок, что позволяет оценить их лидерские и управленческие компетенции. Кроме того, обучение проходит при участии не только руководителей предприятия, но и приглашенных экспертов, в том числе из ведущих образовательных учреждений, таких как инновационный центр «Сколково».

Долгосрочное развитие управленческих кадров обеспечивается через программу «Стратегический кадровый резерв» (СКР), рассчитанную на сотрудников в возрасте до 35 лет с высоким потенциалом [3]. Программа базируется на концепции «2-2-2-5», предполагающей участие в двух стратегических проектах компании, прохождение стажировок в двух функциональных направлениях, работу в двух разных локациях и развитие пяти ключевых управленческих компетенций. Такой формат позволяет формировать универсальных управленцев, способных работать в различных подразделениях предприятия.

Эффективность внутренних программ обучения оценивается по нескольким критериям, включая процент назначений выпускников на руководящие должности, рост их управленческих компетенций и экономическую результативность реализованных ими проектов. В последние годы программы показали высокую результативность: 15%

участников СКР получили карьерные назначения, а среди выпускников ПРЛ этот показатель составил 54%.

Таким образом, внутренняя система обучения ПАО «ГАЗ» демонстрирует высокую эффективность в подготовке управленческих кадров. Комплексный подход к развитию сотрудников, включающий стажировки, наставничество и работу над реальными проектами, позволяет не только закрывать кадровые потребности предприятия, но и формировать устойчивую корпоративную культуру, ориентированную на развитие лидерских компетенций.

Список используемых источников:

1. Карташов С.А., Одегов Ю.Г., Шаталов Д.В. Управление талантами как HR-технология. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: электронный портал. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-talantami-kak-hr-tehnologiya> (дата обращения: 10.02.2025).

2. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. СПб.: Питер, 2010. 848 с.

3. Официальный сайт Горьковского автомобильного завода – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nn.gaz.ru/gaz_world/ (дата обращения 10.02.2024).

Формирование системы управления кадровым потенциалом на предприятиях авиационной промышленности

Тополкараев А.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Краев В.М.
МАИ, Москва

Кадровый потенциал – это совокупность способностей, возможностей и компетенций работников предприятия, которые прошли профессиональную подготовку и обладают необходимой квалификацией в определенной сфере деятельности. Он характеризуется наличием специальных знаний, навыков, умений, опыта работы и компетенций, которые позволяют работникам эффективно выполнять свои функциональные обязанности и вносить значимый вклад в достижение целей организации.

Параметры кадрового потенциала можно рассматривать в трёх аспектах: психофизиологическом, квалификационном и личностном. Среди наиболее значимых выделяются следующие факторы: мотивация к трудовой деятельности как важная составляющая управления персоналом, профессиональный и квалификационный уровень, накопленный опыт работы, который служит основой для профессионального роста и совершенствования мастерства, а также продуктивность труда, отражающая психофизиологические ресурсы сотрудников в конкретных организационных и технических условиях. Личностные особенности также играют важную роль, поскольку они определяют индивидуальные черты кадрового потенциала каждого сотрудника в организации.

Развитие человеческих ресурсов в современных условиях на высокотехнологичных предприятиях должно быть направлено на достижение следующих приоритетных аспектов:

- Формирование высококвалифицированного и компетентного кадрового состава, способного эффективно справляться с возложенными обязанностями и находить решения для возникающих проблем. Для этого сотрудники должны обладать полным набором необходимых знаний, навыков, опыта и критически важных компетенций, чтобы успешно адаптироваться к меняющимся обстоятельствам.

- Развитие инновационных компетенций, которые позволят организации создавать, разрабатывать, конструировать, проектировать и поддерживать передовую технологию, в том числе сквозные технологии. Это особенно актуально в условиях жестких санкционных ограничений, когда государство нуждается в передовых решениях и инновациях.

- Повышение мотивации и удовлетворение сотрудников от выполняемой ими работы достигается путем предоставления возможностей для профессионального и личного роста, что усиливает их лояльность к ценностям компании и вовлеченность в трудовой процесс. Сотрудники, испытывающие удовлетворение и мотивацию, демонстрируют большую

производительность, творческое мышление и готовность вносить вклад в реализацию стратегических задач организации.

- Создание кадрового резерва, который обеспечит стабильность рабочих процессов предприятия, особенно касающихся разработки и выпуска инновационных изделий с использованием передовых отечественных технологий. Развивая и поддерживая критически важные компетенции сотрудников, предприятие создает внутренний резерв талантов, который можно использовать для быстрого и эффективного заполнения вакансий, возникающих в результате перевода сотрудников или их ухода на другие должности. Это позволяет минимизировать риски, связанные с дефицитом кадров и нехваткой квалифицированных специалистов.

Формирование системы управления кадровым потенциалом на предприятиях авиационной промышленности играет ключевую роль в обеспечении эффективного функционирования организации и достижения стратегических целей. В условиях быстрого развития технологий и постоянных изменений в отрасли, компании должны обладать адаптивной и профессионально подготовленной кадровой базой, способной обеспечить конкурентное преимущество.

Система управления кадровым потенциалом — это комплекс взаимосвязанных функциональных подсистем, работающих согласованно с целью полного и своевременного обеспечения формирования, развития и задействования потенциала каждого сотрудника. Ключевая задача этой системы состоит в четкой координации действий всех составляющих элементов. Достичь этой цели возможно посредством эффективной кадровой политики, использования соответствующих принципов и методов управления персоналом, а также внедрения прогрессивной кадровой стратегии.

Практическая работа по созданию системы управления кадровым потенциалом состоит из двух взаимосвязанных аспектов: тактического и стратегического. Тактическая составляющая фокусируется на текущих кадровых задачах, в то время как стратегическая направлена на разработку и реализацию стратегии развития всей системы управления персоналом. Таким образом, основным фактором успешного экономического роста предприятия является адаптивная и гибкая кадровая политика, поддерживаемая хорошо продуманной системой управления кадровым потенциалом.

В современной высококонкурентной среде авиационным предприятиям необходимо не только эффективно управлять текущими кадрами, но и стратегически планировать и развивать свой кадровый потенциал, чтобы сохранить конкурентное преимущество и обеспечить устойчивый рост.

Список используемых источников:

1. Тополкараев А.В., Краев В.М. Повышение качества трудового потенциала высокотехнологичных предприятий авиационной промышленности // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 10-2. С. 275-281.
2. Пронина В.А., Тихонов А.И. Оценка конкурентоспособности персонала с учетом критериев эффективности // Естественно-гуманитарные исследования. 2024. № 1 (51). С. 421-426.

Кадровая стратегия как фактор обеспечения конкурентоустойчивости предприятий авиационной промышленности

Тополкараев А.В.

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

МАИ, Москва

Объединенная авиастроительная корпорация (ПАО «ОАК»), входящая в Госкорпорацию «Ростех» является одной из крупнейших авиастроительных корпораций в Европе. Ее миссия заключается в разработке, производстве и послепродажном обслуживании самолетов военного и гражданского назначения с приоритетом потребностей государственных заказчиков. Основная цель ПАО «ОАК» — обеспечить долговременную конкурентоспособность российского авиастроительного комплекса на мировом уровне.

В 2024–2025 гг. ПАО «ОАК» планирует набрать 12 тыс. специалистов в связи с масштабными планами строительства отечественных гражданских самолетов. В ГК «Ростех» отметили, что компания должна обеспечить страну авиационной техникой собственного производства, в т.ч. поставить около 500 авиалайнеров до 2030 г. Это колоссальный заказ, для выполнения которого необходимы дополнительные высококвалифицированные специалисты и правильно построенная кадровая стратегия.

Кадровая стратегия играет ключевую роль в обеспечении конкурентоустойчивости предприятий авиационной промышленности. Сложность и уникальность процесса производства в авиации требуют наличия квалифицированных специалистов с высоким уровнем компетенций. В связи с быстрым развитием технологий и конкуренцией на рынке, компании должны активно развивать свою кадровую базу.

Основные составляющие кадровой стратегии включают такие ключевые аспекты:

1. Анализ текущего состояния кадров, включающий численность, их квалификацию, уровень удовлетворенности трудом, текучесть кадров и соответствие персонала стратегическим целям предприятия.

2. Планирование потребности в персонале, включая количество, требуемые компетенции и уровень подготовки.

3. Подбор и привлечение персонала, включая источники поиска кандидатов, методы оценки и инструменты привлечения лучших талантов.

4. Развитие и обучение сотрудников, включая программы повышения квалификации, тренинги, стажировки и менторство.

5. Управление карьерой и развитием талантов.

6. Оценка эффективности работы, включая использование различных метрик и показателей KPI.

7. Удержание ключевых сотрудников. Сюда входят программы мотивации, льготы, социальные гарантии и корпоративная культура, способствующая вовлечению и лояльности.

8. Разработка системы вознаграждения, учитывающей рыночную ситуацию, уровень ответственности и вклад каждого сотрудника.

9. Корпоративная культура и внутренние коммуникации.

10. Риски и кризисное управление персоналом, включая механизмы реагирования на непредвиденные обстоятельства.

Современная кадровая стратегия невозможна без интеграции цифровых технологий. Автоматизация процессов подбора персонала, управления обучением и развитием, а также анализ больших данных позволяют оптимизировать работу с кадрами и принимать более взвешенные управленческие решения. Цифровые инструменты делают возможным мониторинг производительности, выявление потенциальных проблем и своевременное реагирование на изменения в потребностях компании.

Суть кадровой стратегии заключается в оценке конкурентоспособности персонала компании, определении направлений его развития в соответствии с общей стратегией организации и выявлении мер, необходимых для повышения уровня конкурентоспособности сотрудников.

Ключевые факторы, влияющие на кадровую стратегию организации, включают: внешнюю и внутреннюю среду организации, тип выбранной стратегии организации, уровень планирования, открытая или закрытая кадровая политика, профессиональная квалификация сотрудников.

Внешний анализ охватывает экономические тенденции, динамику рынка труда, правовые нормы и политику в авиационной сфере. Внутренний анализ фокусируется на состоянии и перспективах развития персонала, стиле руководства, корпоративной культуре и технической оснащённости.

Эффективно продуманная кадровая стратегия позволит предприятиям авиационной отрасли успешно конкурировать на рынке, эффективно используя свои сильные и слабые стороны как внутри организации, так и при взаимодействии с внешней средой. Эта стратегия поможет трансформировать трудности в перспективные возможности, существенно расширить спектр конкурентных преимуществ, создав условия для эффективного

использования и роста человеческого капитала, а также формирования профессиональной и компетентной команды, раскрывая индивидуальные способности сотрудников к инновациям и творчеству, что будет способствовать достижению как корпоративных целей, так и личных амбиций каждого члена команды.

Среди основных показателей конкурентоустойчивости предприятий авиационной промышленности, на которые влияет правильно выстроенная кадровая стратегия, можно выделить: производительность труда, инновационность (способность разрабатывать и внедрять новые идеи и технологии), качество продукции и услуг, гибкость и адаптивность к изменениям рыночной конъюнктуры и требованиям заказчиков, снижение издержек на обучение, подбор и удержание сотрудников, а также минимизация потери от текучести кадров, снижение репутационных рисков, устойчивость к кризисам.

Список используемых источников:

1. Тополкараев А.В., Тихонов А.И. Комплексный анализ факторов, формирующих конкурентоспособность предприятий авиационной промышленности // Вестник Академии знаний. 2024. № 5 (64). С. 385-390.

2. Тополкараев А.В., Тихонов А.И. Повышение конкурентной устойчивости высокотехнологичных предприятий авиационной промышленности // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 10-1. С. 132-138.

Секция №9.4 Социокультурные тенденции развития инженерного образования и авиационно-космической отрасли

Анализ личностного фактора летчиков

Ан Д.А.

Научный руководитель — Шангин И.А.

МАИ, Москва

Летчики занимают центральное место в авиационной отрасли, обеспечивая не только безопасность, но и эффективность воздушных перевозок. Однако их успех нельзя свести лишь к техническим навыкам и знаниям; значительная роль здесь отводится и личностным качествам. Такие характеристики, как психологическая устойчивость, способность к быстрой адаптации и эмоциональная саморегуляция, влияют на профессиональную деятельность и напрямую связаны с безопасностью полетов.

Основное направление данной работы — всесторонний анализ личностных особенностей летчиков и исследование потенциальных методов целенаправленного управления этими аспектами с целью минимизации ошибок, вызванных человеческим фактором. Личность представляет собой сложный набор стабильных психологических характеристик, которые формируют индивидуальность и выделяют человека среди других. В отношении авиационных специалистов ключевыми аспектами личности являются мотивационно-потребностная сфера, эмоциональная и волевая регуляция, а также летные способности курсантов. Эти качества проявляются в устойчивых индивидуально-психологических признаках, определяющих успешность как обучения, так и практического освоения профессии пилота [1].

Человеческий фактор остается ключевым элементом в сфере авиации и, по статистике, отвечает за 70-80% авиационных происшествий [2]. Причины летных инцидентов, связанные с человеческой деятельностью, можно условно разделить на три основные группы, при этом около 50% из них связано с недостатками в подготовке авиационных специалистов [3]. Это подчеркивает критическую необходимость уделить особое внимание процессу обучения летного состава, цель которого заключается в формировании высокого уровня профессионализма среди будущих пилотов.

В центре профессиональной подготовки летчика стоит личность, которая взаимодействует с социальной и образовательной средой. Эффективным подходом к формированию профессиональной надежности является системный метод обучения, который учитывает интеграцию психосоциальных, биологических и психофизиологических характеристик человека, специфика которых имеет значительное значение для летной профессии [4].

Студенты, которые успешно осваивают профессию пилота, могут существенно отличаться друг от друга по своим психологическим параметрам. Это объясняется высокой компенсаторной способностью человеческого организма, что позволяет неблагоприятным качествам быть сглаженными через положительные черты [1]. Тем не менее, определенные личностные качества считаются необходимыми для успешной карьеры в авиации, что, в свою очередь, значительно сокращает число людей, способных справиться с этой ответственной деятельностью.

Управление личностным фактором пилота представляет собой критически важный аспект для решения проблемы, известной как «человеческий фактор» в авиации, который непосредственно отражается на безопасности и эффективности воздушных перевозок. Поддержание и развитие личностных характеристик летчика, наряду с созданием благоприятной окружающей среды и соответствующих организационных условий, становятся краеугольными камнями успеха и надежности в авиационной сфере. Кроме того, влияние окружения и организационные факторы играют не менее значимую роль в формировании личного фактора пилота, подчеркивая важность комплексного подхода к

подготовке и работе летного состава. Настройка рабочего пространства, взаимосвязь в команде и баланс между профессиональным развитием и психологическим благополучием являются основными сферами, требующими внимания для достижения высокой безопасности полетов.

Список используемых источников:

1. Евстигнеев Д. А. Авиационная психология и человеческий фактор: учеб.-метод. пособие / Ульяновск: УВАУ ГА, 2005. – 103 с.

2. Пономаренко В. А., Ворона А. А., Лапа В. В. Стратегические направления решения проблемы человеческого фактора в военной авиации. / Психологическая газета: электронный журнал.

3. Коняев Д. В. Личность человека и профессионала в авиационной и ракетно-космической отрасли/Технологии в авиационном и ракетно-космическом машиностроении: от истоков до наших дней/ Москва: Политехнический колледж им. Н.Н. Годовикова, 2019. – 17 с.

4. Равлык Р. Ф. ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ЛЕТНОГО СОСТАВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ // Военная мысль. 2009. №5. с. 64-67.

Критическое мышление как механизм поиска ответов на вызовы будущего

Базаров В.В., Пещерова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В условиях стремительного развития науки и технологий критическое мышление становится ключевым инструментом для анализа информации, оценки новых данных и принятия решений. Особенно актуально это в сферах, основанных на точных науках, таких как физика, математика и авиационная промышленность. Эти дисциплины требуют не только глубоких знаний, но и способности адаптироваться к новым вызовам, которые возникают в результате технологического прогресса. Истоки критического мышления, как, собственно, и сама эта проблематика восходит к разработкам XX века и сегодня, XXI века. Это прежде всего философия математики, математическая логика. Русские философы, математики и инженеры возглавляли эту научную традицию. Укажем здесь на исследования П. А. Некрасова, Н. Е. Жуковского, В. Ф. Асмуса, С. А. Яновской, А. А. Ляпунова, В. А. Бажанова.

Физика и математика являются основой авиационной промышленности. Однако их развитие невозможно без постоянного переосмысления известных концепций и поиска новых решений. Критическое мышление позволяет анализировать существующие теории, выявлять их слабые стороны и предлагать усовершенствованные модели. Например, введение новых курсов в университетах, связанных с квантовыми вычислениями и цифровым моделированием в аэрокосмической сфере, является реакцией на появление новых технологий и подтверждением важности адаптивного мышления.

Критическое мышление не просто анализирует существующую реальность, но и активно формирует будущее, способствуя решению сложных задач. В авиационной промышленности это выражается в таких процессах, как:

- 1) разработка новых материалов, способных выдерживать экстремальные нагрузки;
- 2) оптимизация аэродинамических характеристик летательных аппаратов;
- 3) внедрение искусственного интеллекта в системы управления полетами.

Каждое из этих направлений требует гибкости мышления, способности к моделированию гипотез и тестированию новых идей.

Системы высшего образования также адаптируются к изменениям, вводя новые курсы, соответствующие современным требованиям науки и техники. Например, в последние годы в учебные программы включаются дисциплины, связанные с обработкой больших данных, квантовыми вычислениями, машинным обучением и автоматизацией сложных процессов в авиации. Это позволяет будущим специалистам осваивать актуальные методики и критически подходить к их применению.

Критическое мышление является мощным инструментом в развитии науки и технологий. Оно не только помогает анализировать существующие знания, но и прокладывает путь к инновациям, что особенно важно в авиационной промышленности и точных науках. Развитие новых технологий требует гибкости мышления, способности к анализу и адаптации, что делает критическое мышление одним из главных механизмов поиска ответов на вызовы будущего.

Список используемых источников:

1. Бочаров В. А., Маркин В. И. Введение в логику: учебник. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2011.
2. Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / под ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2014.
3. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия / уч. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2020.
4. Шевцов А. В. Логико-гносеологическое учение Л. Е. Габриловича о математическом мышлении и актуальной форме // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2024. Т. 28. № 3. С. 726-739.

Характеристика особенностей социального интеллекта студентов технического вуза

Белов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Ковальчук И.А.

МАИ, Москва, Москва и Московская область

Понятие «социальный интеллект» сегодня широко употребляется представителями философии, психологии, социологии, педагогики и других наук. Его возникновение связано с именами американских психологов Э. Торндайка и Г. Олпорта (нач. XX в.). Э. Торндайк рассматривал социальный интеллект как способность интерпретировать поступки людей, как некую житейскую мудрость, помогающую человеку эффективно взаимодействовать и успешно адаптироваться в социуме. Г. Олпорт считал, что социальный интеллект – это особый дар, умение предвидеть и прогнозировать поведение других членов общества, умение давать им быструю характеристику исходя из своих наблюдений, суждений, впечатлений.

С точки зрения современных исследователей социальный интеллект выступает как социальная компетентность; совокупность знаний, умений и навыков; личностная черта, определяющая успешность взаимоотношений с окружающими.

Особую актуальность в последнее десятилетие приобретают исследования в области изучения социального интеллекта студентов различных специальностей. Это связано с признанием социального интеллекта одним из основных компонентов становления человека как компетентного специалиста, активного члена общества.

К особенностям социального интеллекта студентов технического вуза можно отнести, во-первых, высокую сосредоточенность на разрешение актуальной жизненной ситуации, во-вторых, отказ от «самокопания» и самоанализа, в-третьих, убежденность в возможность контролировать внешние обстоятельства. Так же студенты технических специальностей в большей степени способны предвосхищать дальнейшие поступки людей на основе анализа реальных ситуаций общения. Они распознают структуру межличностных ситуаций в динамике, путём логических умозаключений могут достраивать неизвестные, недостающие звенья в цепи взаимодействий, находить причины определённого поведения.

Список используемых источников:

1. Хачатурян Н.Н. особенности социального интеллекта студентов технических и гуманитарных специальностей // Вестник Донского государственного технического университета № 9, 2009., С. 142-152.

2. Суднева О.Ю., Шарафиева К.Р., Цой В.Г., Каракулова О.В. Особенности социального интеллекта студентов гуманитарных и негуманитарных специальностей // Вестник Томского государственного университета № 371, 2013., С. 161-166.

3. Матвеева Л.Г. Анализ понятия «социальный интеллект» Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология. № 33 (133), 2008., Т.: 9, Ч.: 1., С. 135-139.

Этика стоицизма и современность

Белоусов Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Неврозы, стрессы и депрессии — бич современного общества. Темпы жизни в XXI веке стремительно нарастают, а поток информации просто сбивает с толку. С каждым годом в мире появляется все больше и больше людей с психологическими проблемами, которые сегодня множатся из-за напряженной обстановки в мире, динамичности жизни и роста конкуренции. В тоже время выявляется все больше ценностных установок и принципов жизни, методов психокоррекции, которые могут помочь восстановить гармонию в личных отношениях и поспособствуют достижению успехов в профессиональной деятельности людей.

Так, во времена СССР, для подготовки космонавтов использовался метод «Ключ». Автор метода — клинический психолог, руководитель антистрессового центра Хасай Алиев. Будущим космонавтам требовалось выработать антистрессовые приемы для полетов и пребывания в невесомости. Алиев нашел взаимосвязь между монотонными, синхронными движениями тела и работой нашего сознания. Ум при этом быстро становился ясным и чистым, а эмоции приходили в норму.

Бороться со стрессовыми ситуациями, в избытке присутствующими в профессиональной деятельности людей, в частности летчиков и космонавтов, поможет и принятие мировоззренческих принципов хорошо известным нам еще из наследия мыслителей эпохи античности. Так, стоицизм — это древняя философская школа, основанная в Греции в III веке до н.э. Несмотря на тысячелетнюю историю, ценности, которые воспроизводит философия стоицизма, остаются актуальными для современной системы образования (как гуманитарного, так и технического), и являются реальной альтернативой идеологии общества потребления. Стоики были убеждены в единстве добродетели, разума и человеческого счастья. Добродетель — то умение жить в согласии с разумом, а идеал стоицизма нравственное совершенство. Стремление человека к самосохранению здесь преобразуется в заботу о государстве и мировом целом.

Цель этой философии заключалась в том, чтобы помочь людям достичь счастья, реалистично осознавая свою роль в мире и научившись правильно мыслить. Одной из главных оставляющих философии стоицизма является учение об апатии (в значении умения властвовать собой). Стоики считали, что люди не должны привязываться к внешним обстоятельствам и событиям, которые часто находятся вне их контроля. Вместо этого они должны уделять внимание только тому, что они могут контролировать — своим мыслям, чувствам и поступкам. Здесь стоики исходили из идеи, что объективное восприятие реальности человеком невозможно, т.к. она всегда воспринимается субъективно. Именно правильная субъективная реакция человека на события является ключевой причиной его возможного счастья и благополучия. Чтобы достичь полноценной жизни и счастья, необходимо и активно развивать определенные добродетели, которые называются кардинальными — это мудрость, мужество, умеренность и справедливость.

В нашем быстро меняющемся и стрессовом обществе, где мы постоянно сталкиваемся с надеждами, страхами и разочарованиями, необходима система ценностных подходов, которая поможет нам найти равновесие и гармонию. В целом, стоицизм как раз является такой философией, которая поможет людям научиться жить более осознанной, справедливой и удовлетворенной жизнью, несмотря на все трудности и перспективы смерти. Эти идеи до сих пор вызывают большой интерес и влияют на современную мысль, особенно в области

этики. Они призывают человека к самосовершенствованию и жизни согласно определенным принципам. Если человек будет следовать этим принципам, то он сможет достичь внутреннего равновесия и жить более счастливо и осознанно. Эта философская школа предлагает нашим современникам уникальные инструменты и методы для достижения высокой нравственности и счастья, и здесь выбор за каждым человеком и заключается он в принятии данной системы ценностей и убеждений. Сделав его, стоик быстро понимает, какой эффект даст последовательное проведение в жизнь этих принципов и смотрит на мир ясным и спокойным взглядом человека, вставшего на путь достижения ментального здоровья и счастливой жизни. Человек в стоицизме трактуется как часть общества и частичка космоса, которая в процессе обучения и нравственного совершенствования разумно упорядочивает хаос внешнего мира и тем самым присоединиться к гармонии мирового целого.

Неподдельный интерес к философскому наследию стоицизма в XXI веке — это запрос на средства преодоления духовно-нравственного кризиса, поразившего современное человечество. Отдельные положения учения стоиков получили подтверждение со стороны науки, и буквально эволюционировали в готовые учебные практики, которые должны найти достойное место в процессе подготовке специалистов, в том числе и для авиационно-космической отрасли страны.

Список используемых источников:

1. Апатия / Словари и энциклопедии / Текст [Электронный ресурс] // Академик : [сайт]. – URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/82/АПАТИЯ (дата обращения: 21.12.2024).
2. Коробейников В. С. Современные исследования стоической этики: три направления // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. 2024. №3. С. 123-131.
3. Кочеров С. Н. Римский стоицизм как соединение этической теории и моральной практики // Этическая мысль. 2016. Т. 16. № 1. С. 31–45.

Освоение космоса: проблемы и перспективы

Вертеев И.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Космонавтика как передовая область науки и техники, включает в себя разные виды деятельности. Это, в частности, создание и эксплуатация космических кораблей, спутников и разработка соответствующих технологий для освоения космоса.

Наша страна начинала здесь с самых главных шагов — первый спутник, первый человек в космосе. Но, если вдуматься, это были не просто технические достижения, это был прорыв в нашем сознании, мы вдруг поняли, что можем преодолеть силу притяжения Земли, что мы можем выйти за ее пределы. И это было как некое откровение, которое изменило нас навсегда. Мы начали понимать, что космические исследования — это не просто исследования звезд и планет, это еще и про нас самих, про наш путь развития, про наше будущее.

Космос — это не просто физическое пространство, а некий огромный холст, на котором человечество пишет свою историю. Каждое наше достижение в освоении космоса, каждый новый запуск ракеты, каждое открытие астрономов, — это новый мазок кистью на этом холсте.

Изучение других планет — это еще одна важная составляющая космических исследований. Мы отправляем автоматические межпланетные станции и беспилотные самоходные аппараты-планетоходы на Луну, на Марс и Венеру, на другие планеты, и они помогают нам собрать данные об их атмосфере, климате. Все это помогает нам лучше понять, как устроены разные планеты, а также понять, как возникла и развивалась наша Земля.

И, конечно же, пилотируемые полеты на другие планеты — это, наверное, самая захватывающая часть космических исследований. И это не просто научные исследования — это то, что неуклонно изменяет наши представления о себе, о мире, о жизни. И, возможно, даже кардинально поменяет нашу историю.

В настоящее время космические исследования играют важную роль в экономике. Вот, например, спутники связи, которые обеспечивают работу интернета, телекоммуникаций и телевидения, — это огромный рынок, который создает множество рабочих мест и способствует развитию экономики. И еще, разработка новых материалов и технологий для космоса тоже ведет к созданию новых продуктов и услуг, которые мы используем в нашей повседневной жизни. И все это показывает, что космические исследования — это не просто затраты, а, скорее, инвестиции в будущее.

С началом космической эры человечество добилось значительных успехов в понимании нашей Вселенной и расширении границ возможного в этой сфере.

В настоящее время мы имеем дело с многочисленными вызовами, стоящими перед космической наукой. Когда речь заходит о финансировании космических полетов, обычно сильно ограничены ресурсы, предоставляемые государственными структурами, а также частными инвесторами из-за больших затрат, связанных с этими проектами, здесь суммы могут исчисляться миллиардами или даже триллионами в зависимости от их масштаба и целей. Недостаток финансирования затрудняет для исследователей и предпринимателей реализацию первоначальных идей, тем самым ограничивая здесь прогресс в целом.

Еще одной проблемой космонавтики является безопасность. Хотя космические полеты стали намного безопаснее, чем в начале своего зарождения, все еще существуют риски, связанные с дальними космическими путешествиями, такие как радиационное облучение или механические неполадки, которые могут подвергнуть космонавтов опасности во время их полетов.

Все эти технические задачи требуют дальнейших исследований и разработок, если мы хотим добиться дальнейшего прогресса в данной области. Благодаря инновациям в области вычислительных мощностей компьютеров, искусственного интеллекта, робототехники, материаловедения, нанотехнологий и т.д., мы сможем разработать новые технологии, способные преодолеть многочисленные препятствия, с которыми сталкиваются нынешние космические миссии.

И если мы заглянем в будущее, то становится понятно, что освоение космоса будет играть все более важную роль в развитии человечества. Мы недалеко от начала строительства постоянных баз на Луне и Марсе, от начала освоения астероидов и дальних планет Солнечной системы. И это будут не просто прорывные научные исследования, это будет, возможно, необходимая мера для выживания человечества в будущем, для того чтобы мы не зависели только от одной нашей планеты.

Сейчас ученые активно изучают экзопланеты, которые вращаются вокруг других звезд. Они анализируют их атмосферу, ищут следы воды, ищут признаки жизни. И это все напоминает поиски какого-то скрытого клада, где с каждым новым открытием мы становимся все ближе к желанной цели, которая так стимулирует развитие науки, техники, технологий, и вдохновляет нас на новые свершения.

Без космических исследований мы бы жили в совсем другом мире. В мире, где люди не имели бы столько дерзновенных планов и возможностей. Космические исследования в будущем безусловно будут играть еще большую роль, чем сейчас и будут двигать нашу экономику, нашу науку, нашу культуру и, в конечном счете, будут определять главные направления развития человечества.

Список используемых источников:

1. Виноградова М.Г., Эйслер П.П. Перспективы освоения космоса // *Norwegian Journal of development of the International Science*. No 56/2021. С. 35-43.
2. Мапельман В. М. Морально-нравственные проблемы, порожденные исследованиями глобальных процессов и освоением космоса // *Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Философские науки*. 2023. С. 8-22.
3. Морозов С. Л. Идеология космической экспансии // *Воздушно-космическая сфера*. 2019. №1(98). С. 50-61.

Особенности отбора курсантов-летчиков

Габермель М.В.

Научный руководитель — Шангин И.А.

МАИ, Москва

Введение в проблему отбора курсантов-летчиков подтверждает важность соответствия кандидатов высоким требованиям, предъявляемым к летчикам. В условиях постоянного развития авиационной отрасли и увеличения спроса на квалифицированные кадры, исследование методов отбора становится актуальным. Цель работы заключается в анализе эффективности профессионального отбора курсантов летчиков, выявлении проблем и предложении решений, особенно в контексте отбора девушек-курсантов.

Профессиональный отбор летчиков представляет собой многоступенчатый процесс, включающий медицинское обследование, социально-психологическое изучение и вступительные испытания. Важно отметить, что методы отбора, применяемые к девушкам, зачастую основаны на опыте, накопленном при отборе юношей, что может не учитывать специфические физиологические и психологические особенности женщин. Например, различия в нормативных показателях физической подготовки, а также влияние гормональных циклов на физическую и психическую работоспособность требуют адаптации существующих методик.

Анализ результатов различных этапов отбора показывает, что физическая подготовка является ключевым критерием, однако нервно-психическая устойчивость также играет важную роль. Исследования показывают, что женщины могут демонстрировать большую устойчивость к стрессу, что может быть учтено при отборе. При этом, по результатам психологических тестирований разница в стрессоустойчивости мужчин и женщин около 15%.

Среди проблем, выявленных в процессе отбора, выделяется недостаток научных данных, подтверждающих надежность ряда методик. Это может привести к снижению качества отбора и, как следствие, к увеличению несчастных случаев в авиации. Важно продолжать исследования, направленные на уточнение критериев оценки профессиональной пригодности женщин, а также на разработку новых методик, учитывающих их уникальные особенности.

Для повышения эффективности отбора предлагается внедрение персонализированного подхода, основанного на детальном анализе индивидуальных характеристик кандидатов. Это включает создание психологических профилей, разработку специализированных испытаний, а также учет особенностей женской физиологии и психологии в образовательных программах. Внедрение системы сопровождения обучения с регулярным мониторингом психоэмоционального состояния курсантов позволит своевременно выявлять и решать возникающие проблемы.

Эффективный отбор не только способствует повышению качества подготовки летного состава, но и обеспечивает безопасность полетов и боеспособность авиационных подразделений. В будущем необходимо продолжать работу над совершенствованием систем отбора, что позволит адаптировать их к современным требованиям авиационной отрасли.

Список используемых источников:

1. Бодров В.А. Некоторые методологические вопросы профессионального психологического отбора военных специалистов / В.А. Бодров // Материалы науч. практ. конф. «Использование новейших информационных технологий в мероприятиях по профессиональному психологическому отбору в Вооружённых Силах Российской Федерации». – М., 2003. – С. 29–31.

2. Крачко Э. А. Проблема профессиональной пригодности лиц женского пола к экстремальным, военным и летным профессиям / Э. А. Крачко, Г. Т. Красильников, Ф. В. Мальчинский // Личность курсанта: психологические особенности бытия. – Краснодар: КВВАУЛ, 2021. – С. 63-72.

3. Петросьян С. Н. Исследование различий в личностном позиционировании мужчин и женщин / С. Н. Петросьян, З. И. Рябикина, Н. Ю. Губанова // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 20-38.

Повышение качества образования студентов неэкономических специальностей МАИ посредством формирования финансовой грамотности

Гутарова В.С., Старчиков А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Степнова О.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В последние годы тема финансовой грамотности (далее ФГ) стала важным объектом в сфере оказания Финансовых услуг. Несмотря на постоянное развитие данной сферы, компетенции и знания будущих работников авиационного производства, нынешних студентов МАИ, не возрастают с той же скоростью, что и технологии в сфере оказания Финансовых услуг.

Что такое ФГ? По словам исследователя Т.А. Аймалетдиновой, ФГ – это такая система ценностей и побуждений, которая дает возможность определять сознание и поведение человека в финансовой среде [1].

Для понимания данного вопроса необходим новый подход к обучению студентов неэкономического профиля вуза, который позволит сформировать и повысить финансовые знания, необходимые для развития индивида в данной области. Развитие финансовой культуры через систему высшего образования позволит студентам технических специальностей стать активными участниками и потребителями разнообразных финансовых услуг. По словам О.В. Степновой с соавтором можно сказать, что для повышения роста и престижа инженерных и научных профессий можно ввести факультативные занятия в вузе по ФГ для студентов технических специальностей [2].

Кроме того, в настоящий момент имеется много способов улучшить свои компетенции по ФГ, кроме обучения в вузе. Например, на госуслугах предлагается ежегодно (как правило в октябре месяце) пройти Всероссийский онлайн-зачёт по ФГ. На нём каждый участник проверит свои знания и сможет получить новые: как накопить на мечту, не попасться на уловки мошенников, откуда взять стартовый капитал на открытие своего дела и т.д. Организатором данной акции выступает Центральный банк Российской Федерации. Так, в течении 3 недель октября 2024 г. зачет прошли 2075982 человек. Они не только узнали, достаточно ли у них навыков для принятия рациональных финансовых решений в конкретной жизненной ситуации, но и получили индивидуальные рекомендации для устранения пробелов в знаниях, научились лучше защищать себя и близких от финансовых мошенников, улучшили ФГ, а также интересно и с пользой провели время с друзьями или семьей.

Для того, чтобы понять важность данной проблемы, в Ступинском филиале МАИ был проведен социологический опрос на выявление отношения студентов инженерных специальностей к получению компетенций по ФГ в вузе. Данные соцопроса показали наличие желания у студентов инженерных специальностей (76% респондентов) дополнительно в качестве факультативных занятий изучать основы ФГ, причем 99% опрошенных пользуются финансовыми услугами. Студенты интересуются учетной ставкой, понимая ее роль в решении финансовых вопросов. Также проявляют больший интерес к тенденциям на фондовом, валютном и других рынках. Более половины респондентов (54%) готовы получать знания в рамках программы курсов по ФГ, а более трети опрошенных (36%) высказались за введения отдельного предмета в вузе. О преувеличении роли изучения ФГ в вузе высказались около 10% респондентов. Четвертая часть опрошенных респондентов считает, что важно самообразование и саморазвитие в данной области. Сегодня Россия имеет достаточный потенциал для развития финансовой культуры населения в целом, а молодежи в особенности.

Кроме того, в МАИ некоторое время назад была использована такая практика, что студенты старших курсов могли учиться параллельно на двух направлениях: техническом и экономическом, получая при окончании вуза два диплома. Сегодня целесообразно вернуть данную практику.

В частности, выпускники ИТ-направления являются востребованными на ряде предприятий Москвы и области, многие уже на старших курсах начинают работать, но при прекрасных знаниях в своей сфере они абсолютно не компетентны в области экономики и

ФГ, что не может не создавать для них проблем. В поддержку студентам можно предложить интегрированную программу, после окончания которой старшекурсник получит дополнительные «объектно-ориентированные» знания в интересующей его области.

Таким образом, гибкость образовательной системы университета и другие подходы позволят расширить область и глубину знаний студентов. Введение ФГ в университете поможет будущим сотрудникам авиапредприятий улучшить свое финансовое благополучие, предоставив им актуальные знания для построения как успешной карьеры, так и возможности открыть свое дело в дальнейшем.

Список используемых источников:

1. Аймалетдинов Т.А. Роль муниципальной информационной среды в формировании финансовой культуры населения. М., 2008.
2. Степнова О.В., Старчикова И.Ю. Финансовая грамотность студентов технических вузов: анализ мнений и перспективы развития. Перспективы науки и образования. 2021. № 1 (49). С. 80-91.

Психологические проблемы мотивирования студентов-инженеров

Касаев Г.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.псих.н. Аванесян Г.Г.

МАИ, Москва

Проблема мотивации студентов, особенно уже на первом курсе обучения представляет собой очень важную задачу и вызывает неподдельный интерес многих и многих современных исследователей, которые рассматривают различные факторы, влияющие на повышение уровня и успешности обучения.

Так, например, в исследовании Жарких Г.Н. и Костыря С.С. приведены результаты по методике А.А. Реан и В.А. Якунина на коммуникативные, профессиональные, учебно-познавательные, социальные мотивы, а также мотивы творческой самореализации. Как оказалось, доминирующее место в структуре учебной мотивации занимает личностная направленность студентов бакалавриата на получение конкретной профессии, желание стать квалифицированным специалистом, а также стремление к профессиональному росту.[1]

В другом исследовании указывается на то, что именно с помощью мотивации можно улучшить обучение студентов в целом и развить у них компетентность в исследовательской деятельности, включая формирование направленности на профессиональное развитие.[2]

А вот Преображенский А.П., Чопоров О.Н. приходят к выводу в изучении данного вопроса, что студенческую жизнь нужно рассматривать в виде многогранной деятельности – обучающимся должно быть комфортно и интересно в вузе, поэтому педагогический коллектив обязан предусмотреть различные мотивирующие подходы в своей работе со студентами.[3]

В нашем исследовании (опросе) студентов-инженеров (219 человек) выявлены следующие наиболее важные факторы мотивации:

- 1 – педагогический талант и опыт преподавателя (33%),
- 2 – наглядный подход в изложении учебного материала (21%),
- 3 – личная осмысленность профессионального выбора (19%),
- 5 – возможность реализации себя в будущем (14%),
- 5 – активная коммуникация в студенческой группе (13%).

Список используемых источников:

1. Жарких Н.Г., Костыря С.С. Учебная мотивация студентов в образовательном процессе вуза. Ученые записки Орловского государственного университета. № 3 (92), 2021 г.
2. Косачева В.О. Мотивация студентов к обучению и профессиональному развитию. Мир науки, культуры, образования. №5(96) 2022г.
3. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Особенности мотивации студентов. Russian Journal of Education and Psychology. 2019г., Том 10, №10.

Маршрутный лист как инструмент индивидуализации обучения иностранному языку студентов инженерных специальностей МАИ

Косцова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Дисциплина «иностранный язык» является обязательной в учебных планах студентов, обучающихся на инженерных специальностях, поскольку нацелена не только на освоение студентами навыков профессионального общения на иностранном языке, но и на культурное и нравственное развитие студентов, улучшение навыков работы в команде, межличностной коммуникации, а также всецелое развитие личности студента. Один из основных принципов новой программы, который реализуется в качестве эксперимента на кафедре И-14, предполагает также обучение согласно системе профессиональных треков, с реализацией как в группах, так и создание индивидуальных образовательных траекторий обучения.

Актуальность темы определяется необходимостью повышения эффективности процесса обучения иностранному языку путем его индивидуализации.

Цель нашего исследования – анализ и обоснование использования маршрутных листов как инструмента индивидуализации обучения иностранному языку студентов инженерных специальностей.

Задачи исследования включают:

1. Изучить и проанализировать литературу по теме: индивидуализация обучения иностранному языку.
2. Описать структуру и содержание маршрутных листов и их роль как инструмента индивидуализации.

Анализ литературы показал, что для более эффективного усвоения дисциплины «Иностранный язык» в образовательном процессе должна присутствовать индивидуализация. В процессе обучения индивидуализация предполагает особый учет таких особенностей учащегося как направленность его интересов, входной уровень знания иностранного языка, специальность обучения, характер и темперамент, предпочитаемый вид речевой деятельности при изучении иностранного языка, способность работы в команде, индивидуальные способности, взаимоотношения с одноклассниками и общая успеваемость. Учет вышеперечисленных особенностей студента помогает выстроить его индивидуальную траекторию для более результативного процесса обучения иностранным языкам в неязыковом вузе.

В рамках МАИ активно реализуется индивидуальная образовательная траектория (ИОТ) для студентов инженерных специальностей, изучающих иностранный язык. Каждый учащийся имеет индивидуальный маршрутный лист (МЛ), позволяющий как студенту, так и его преподавателю наблюдать за персональным прогрессом и успеваемостью. Маршрутный лист охватывает все необходимые виды работы: аудиторную, самостоятельную и внеаудиторную. Внеаудиторная работа – это участие в конференциях, языковых клубах МАИ и других подобных видах деятельности. Данные мероприятия доступны всем студентам МАИ, а участие в них позволяет студенту пополнять свое портфолио.

В рамках изучения дисциплины «Иностранный язык» мы также рекомендуем использовать индивидуальную образовательную траекторию студентам, которые работают по специальности и совмещают учёбу и работу. В этом случае наполнение индивидуального плана включает широкий набор заданий по аудированию, чтению, говорению, письму и грамматике. Придерживаясь учебной программы, студент сам выбирает задания, которые планирует делать. В неделю на выполнение заданий он должен тратить не более 3 часов (90 минут за аудиторное занятие + 90 минут самостоятельной работы). Студент вносит задания в МЛ, составляет график сдачи заданий и присылает его преподавателю. Далее студент строго следует плану работы и заявленному графику. Ведение МЛ помогает студенту совершенствовать навыки саморазвития: дисциплину, самостоятельность, умение ставить задачи и эффективно управлять своим временем. А для преподавателя маршрутный лист – это инструмент для хорошо спланированной работы в течение семестра, а также контроля и

учета любой деятельности студента в рамках дисциплины, что позволяет реализовывать индивидуальный подход в обучении.

Таким образом, индивидуальная образовательная траектория – это совместная ответственность студента и преподавателя, направленная на повышение эффективности изучения иностранного языка. В этом процессе маршрутный лист выступает ключевым инструментом организации учебной деятельности, позволяет планировать работу, контролировать успеваемость и реализовывать индивидуальный подход в обучении. Кроме того, использование маршрутных листов способствует развитию навыков саморазвития, включая самостоятельность, дисциплину и умение управлять своим временем. Это делает процесс обучения более гибким, адаптивным и ориентированным на индивидуальные образовательные и профессиональные цели студентов инженерных направлений.

Список используемых источников:

1. Леушина И. В., Леушин И. О. Иностранный язык и индивидуализация подготовки студентов: реалии, тренды, варианты // Высшее образование в России. 2019. №3.
2. Маркова А. А. Индивидуализация процесса обучения в вузе // Вестник Курганского государственного университета. 2019. №2 (53).
3. Краснощекова Г. А. Модернизация образовательного процесса по иностранным языкам в техническом вузе // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №10.

Формальная логика и её роль в критическом мышлении инженеров XXI века Пантелеев И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.
МАИ, Москва

В современном инженерном образовании особое внимание уделяется развитию критического мышления, поскольку оно играет ключевую роль в решении сложных технических задач. Формальная логика является одной из важнейших основ этого процесса, обеспечивая строгость анализа и аргументации. Возникновение и затем образование формальной логики связано с позитивизмом и эмпириокритицизмом начала XX века. Это было время скачкообразного развития технологий в науках и технике. В качестве результатов такого быстрого, даже молниеносного развития технологий, в сравнении с предшествующим периодом развития цивилизации, назовем развитие воздухоплавания и авиации. В качестве фундаментального базиса для такого прорыва в технологиях явилось развитие наук, и в качестве фундамента – науки логики, возникшей в философском знании, и в начале XX века, ставшей системой формализации в естественных дисциплинах, математических и философских. Возникли математическая логика, формальная логика, которые способствовали развитию вычислений, что и привело в начале XXI века к зарождению таких новейших дисциплин в системе высшего образования как символической логики, философии искусственного интеллекта и критического мышления.

Рассмотрим влияние различных логических концепций великих математиков конца XIX – начала XX века на развитие математической логики и их связь с инженерным образованием и критическим мышлением современного инженера. Формальная логика – это раздел логики, который изучает структуру рассуждений и аргументаций, абстрагируясь от их содержания. Она сосредоточена на форме высказываний и правильности их соединения, а не на смысле или истинности самих высказываний. Формальная логика использует математические методы и символы для анализа и построения логических систем, что делает её строгой и универсальной дисциплиной, которая: 1) использует формализованные системы (например, исчисление высказываний, исчисление предикатов); 2) опирается на математические методы; 3) формальная логика исключает субъективность и неоднозначность, характерные для неформальных рассуждений.

Рассмотрим три концепции философии математики и математической логики Рассела, Гильберта и Брауэра. Теория Бертрана Рассела (1872-1970), британского философа, математика и логика утверждает, что язык логики равен языку описания. Она основывается на том, что человеческое мышление следует формальным правилам, которые можно выразить с помощью логики. Давид Гильберт (1862-1943) – немецкий математик,

сформулировавший программу формализма и внесший значительный вклад в основания математики. Гильберт предложил программу формализма, целью которой было обоснование всей математики через создание полной и непротиворечивой системы аксиом. Он стремился доказать непротиворечивость математических систем с помощью финитных методов, что означало бы, что все математические истины могут быть выведены из ограниченного набора аксиом посредством формальных правил. Л. Э. Я. Брауэр (1881–1966) считал, что математика является продуктом конструктивной деятельности человеческого разума, он отвергал использование принципа исключенного третьего в отношении бесконечных множеств и подчеркивал необходимость конструктивных доказательств, где существование математического объекта может быть продемонстрировано в расчетах и подтверждено на практике.

Перечисленные теории Рассела, Гильберта и Брауэра нашли и находят свое применение в высшей математике, инженерном образовании и в авиационно-космической отрасли, благодаря логицизму, формализму и интуиционизму развиваются алгоритмизация процессов, разработка сложных систем, новые технологии и их адаптация к быстро меняющимся условиям.

Формальная логика нужна современному инженеру так же, как и развитие критического мышления через формальную логику.

1) Анализ и решение проблем: формальная логика учит инженеров структурировано подходить к решению задач, разделяя сложные проблемы на более простые компоненты. Это особенно важно в условиях, где требуется быстрое принятие решений, например, при управлении космическими миссиями или аварийными ситуациями в авиации.

2) Аргументация и доказательство: логика помогает инженерам строить убедительные аргументы и проверять гипотезы. Это важно при обосновании проектных решений перед коллегами, руководством или заказчиками. Например, при проектировании новых двигателей или материалов инженеры должны логически обосновать выбор технологий и их безопасность.

Список используемых источников:

1. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия / Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 259 с.

2. Шевцов А. В. Логико-гносеологическое учение Л. Е. Габриловича в свете рецензии Леопольда Лёвенгейма // Тринадцатые Смирновские чтения по логике: материалы Междунар. Научной конференции. Москва. МГУ имени М. В. Ломоносова, 22-24 июня 2023 г. – М., 2023. С. 180-183. – 292 с.

Взаимосвязь естественного и искусственного мышления (возможности взаимодействия и реальность создания искусственного разума)

Пыринов А.Е., Кривун К.В.

Научный руководитель — доцент, д.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Критическое мышление является одной из ключевых характеристик научного анализа, позволяющей выявлять ошибки в расчетах, проверять корректность математических моделей и объективно оценивать данные. В технологических и физических дисциплинах оно играет решающую роль при проектировании сложных систем, моделировании процессов и интерпретации экспериментальных результатов. С развитием искусственного интеллекта (ИИ) возникает вопрос: возможно ли создание алгоритмов, обладающих критическим мышлением, и как они могут взаимодействовать с естественным аналитическим мышлением инженера или ученого?

Прежде чем обсуждать возможности создания критически мыслящего ИИ, необходимо определить, что подразумевается под мышлением в научной и технической среде. В инженерии и математическом моделировании мышление связано с анализом физических закономерностей, интерпретацией численных расчетов и адаптацией алгоритмов под реальные условия. В отличие от этого, искусственный интеллект работает на основе

вычислительных алгоритмов, статистического анализа и машинного обучения, что пока ограничивает его способность к реальной рефлексии.

Одним из важнейших аспектов критического мышления в технических науках является способность оценивать точность расчетов, учитывать погрешности и адаптироваться к новым вводным данным. Например, в механике сплошных сред или теории упругости инженер должен учитывать не только аналитические решения, но и их численную аппроксимацию. В то время как человек обладает гибкостью в интерпретации данных и может учитывать контекст, современные ИИ-системы, основанные на методах машинного обучения и численных методов (например, конечно-элементного анализа), работают в рамках заранее заданных параметров.

Язык играет ключевую роль в развитии математического и инженерного мышления. Исторически развитие науки шло через формирование строгих символических языков, таких как математическая логика и теория множеств (Г. Кантор, Д. Гильберт, А. Н. Колмогоров). Однако программные языки, на которых работает ИИ, обладают жесткой структурой и не предполагают осмысления. Возникает вопрос: сможет ли ИИ разработать собственную систему математического моделирования, независимую от человеческой логики, и на ее основе построить искусственное аналитическое мышление?

Сегодня взаимодействие человека и ИИ уже реализуется в инженерных задачах: от оптимизации конструкций в аэрокосмической отрасли до численного моделирования физических процессов. Однако полноценная интеграция искусственного и естественного критического мышления потребует принципиально новых подходов к разработке алгоритмов, способных не просто вычислять, но и интерпретировать решения с учетом физических принципов. Это может привести к появлению новой парадигмы искусственного мышления, основанной на сочетании вычислительной математики, теории алгоритмов (А. Тьюринг, С. А. Адамович) и формальной логики (К. Гёдель, Х. Б. Карри).

Создание искусственного интеллекта, обладающего способностью к критическому анализу инженерных и физических задач, остается открытой проблемой. Будет ли он приближен к человеческому разуму или же сформирует совершенно иной тип анализа – вопрос, требующий дальнейших исследований. Однако очевидно, что развитие критического мышления в научных дисциплинах и технологиях играет решающую роль в создании новых интеллектуальных систем, способных работать в сложных физических и математических областях.

Список используемых источников:

1. Гильберт Д. Основы теоретической логики / Д. Гильберт, В. Аккерман. Ред., вступ. ст. С. А. Яновская. – М.: ИЛ, 1947.
2. Зайцев Д. В. Моделирование диалога с публичными объявлениями // Логические исследования. 2015, № 21 (1).
3. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия / уч. пособие – М.: ИНФРА-М, 2020.
4. Шевцов А. В. Философское учение Л. Е. Габриловича в контексте логико-гносеологического направления в русской философии XX века // Философский журнал. 2024. Т. 17. № 2. С. 168-183.

Деконструкция традиционной образовательной среды на примере инженерного образования

Селезнева А.А.

Научный руководитель — Ковалева М.А.

МАИ, Москва

Цифровизация и компьютеризация затронула все сферы жизни человека.

С изменениями сталкивается, в том числе, и институт образования.

Представители данной сферы, несомненно, должны внедрять цифровые технологии и привлекать IT для того, чтобы оставаться востребованными и конкурентоспособными в

современном мире. Специалисты, которые будут работать в цифровом мире должны обучаться в цифровой среде.

Цифровизация модифицирует саму образовательную среду. Традиционные методики преподавания, подходы и методы, проверенные десятилетиями, потеряют актуальность. Привычные конспекты, прослушивание лекций в аудиториях и чтение книг уходят на задний план, уступая презентациям, подкастам и взаимодействиям онлайн. Актуальность исследования определяется необходимостью интеграции новейших технологий в процесс образования, сохраняя эффективность и фундаментальные ценности образования.

Внедрение IT инструментов, которые являются и целью овладения, и средством обучения в образовательном процессе, оказывает положительное влияние на образовательную систему. К примеру, уже десятилетие инструменты электронного обеспечения значительно упрощают процесс организации занятий для преподавателя. А обучающиеся, в свою очередь, получают учебные материалы, дополненные динамичными визуальными интерактивными элементами, а также возможность работать не только с традиционными аналоговыми материалами, но и с медиафайлами, что способствует повышению степени заинтересованности. Внедрение высоких технологий в образовательную среду может быть причиной положительных явлений в сфере, но должно иметь некоторые ограничения, в связи с тем, что последствия и радикальные изменения, а возможно и деконструкция всей традиционной образовательной системы – неизбежны.

Значительная часть культуры, классический образец учения в его первоначальном виде, наследие прошлого, и «лицо» образования, являвшегося привилегией, в наши дни утрачивает вес. Цель нашего исследования – определить, какие элементы традиционной системы образования не могут сосуществовать с тенденциями цифровизации и каким образом они могут быть модифицированы, в частности для повышения эффективности инженерного образования. Мы хотим изучить, как меняется образовательная среда в современных условиях. Для достижения цели решаются задачи: уточнить понятие «образовательная среда», проанализировать традиционную образовательную среду, какие технологии используются уже и будут использоваться в ближайшем будущем.

Тотальная цифровизация также заставляет задуматься о креативном мышлении студентов. Критическое мышление и цифровые компетенции, информационная грамотность становятся важными критериями конкурентоспособности. Новейшие технологии будут требовать абсолютно нового взгляда на учебные процессы. Уже сейчас сильно искажен процесс поиска информации в целом, не говоря о практических заданиях, для выполнения которых особо ценна способность мыслить нестандартно, вне рамок, которая уже стала уникальной и редкой. Среди обучающихся прослеживается активная тенденция делегации «машинам» и чат-ботам практически всех учебных задач. Среди них: работа с текстом, анализы различных ресурсов и источников, как бумажных, так и электронных.

Известно, что мобильные устройства сопровождают современного человека при всех видах активности, а без ноутбуков и персональных компьютеров уже невозможны как представление офисы и учебные аудитории. Уход от традиционных бумажных носителей побуждает обратить дополнительное внимание на явления потери концентрации и отвращения внимания.

Очевидно лишь то, что полноценный уход от традиционных ценностей и норм, в особенности в сфере образования – недопустим. Социальные связи, заложенные в школах и университетах – основное окружение. Живая коммуникация и преобладание контакта людей друг с другом в образовательной сфере не должны быть искажены тотальным погружением в цифровую среду и выбором контакта «компьютер-человек». Как известно, традиционные ценности и общественные нормы являются гарантом всеобщей стабильности и спокойствия в социуме. Таким образом, деконструкция традиционной образовательной среды затрагивает вопрос не только о грядущем будущем сферы образования, но и о всестороннем благополучии будущего поколения.

Список используемых источников:

1. Чистякова Т. Б. Электронная образовательная среда для компетентностно-ориентированного обучения специалистов инженерного профиля //Машиностроение и компьютерные технологии. – 2016. – №. 7. – С. 230-241.
2. Зиятдинова Ю. Н. Инновационная образовательная среда исследовательского университета //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 3. – С. 471-471.
3. Солянкина Л. Е. Проектирование и реализация модели развития профессиональной компетентности специалиста в практико-ориентированной образовательной среде //Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2011. – Т. 55. – №. 1. – С. 42-46.

Развитие инженерного образования с помощью внедрения профорientационных занятий по КОМПАС-3D в общеобразовательные организации

Сергеев И.А., Абдрашитов Н.В., Персиянцев К.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Виноградов А.С.

Самарский университет, Самара

В настоящее время профессия «инженер» является одной из самых востребованных и высокооплачиваемых профессий в нашей стране, но на рынке труда присутствует недостаток высококвалифицированных специалистов. Эта проблема существует из-за того, что инженерную специальность выбирает очень маленький процент абитуриентов при поступлении в университет. Данную тенденцию можно изменить с помощью проведения профорientационных занятий в школах и лицеях.

С 2022 года ПАО «ОДК-Кузнецов» реализует проект профорientационный образовательный «КОМПАС для школьников», в котором на сегодняшний день участвуют 23 общеобразовательные организации Самарской области. Свыше 700 учащихся обучаются моделированию в программе «Компас-3D» и учатся печатать модели, изучая аддитивные технологии, в рамках авторской программы обучения проекта.

Основной целью проекта является популяризация инженерной специальности среди учащихся школ и лицеев Самарской области, а также привлечение абитуриентов к поступлению на технические специальности в высшие учебные заведения.

Задачи проекта: развитие пространственного мышления у учащихся 6-11 классов, получение навыка черчения и навыка работы в программе трехмерного моделирования учащимися школ и лицеев, приобретение школьниками знаний в сфере инженерной графики и аддитивных технологий, выстраивание траектории школа–университет–предприятие с включением всех заинтересованных сторон с целью подготовки будущих кадров для машиностроительной отрасли нашей страны. Участники проекта имеют возможность посещать мастер-классы, лекции и экскурсии на предприятии ПАО «ОДК-Кузнецов», где они могут увидеть, как применяются знания и навыки, полученные в процессе обучения. На занятиях по аддитивным технологиям школьники применяют знания 3D-моделирования на практике и печатают модели.

В рамках реализации проекта разработана учебная программа, в которую входят 60 авторских уроков по аддитивным технологиям и 3D-моделированию деталей. Также проводятся профорientационные занятия по авиастроению, ракетостроению, двигателестроению. Образовательная программа рассчитана на учащихся 6-11 классов, срок реализации программы – учебный год. Занятия проводятся 1-2 раза в неделю.

В результате работы проекта ожидается значительный прирост абитуриентов, поступающих на инженерную специальность с большими баллами по результатам ЕГЭ.

Список используемых источников:

1. Чагина А. В., Большаков В. П. 3D-моделирование в КОМПАС-3D версий v17 и выше. Учебное пособие для вузов – М.: Питер, 2021 – 256 с.

Образ будущего России в глазах студентов инженерных вузов

Смолянинов Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

В современном мире очень важно представлять будущее. Для России это особенно необходимо из-за сложной геополитической ситуации. Следует понимать, какие профессии будут востребованы в ближайшем будущем, какие факторы будут влиять на привлекательность профессии для людей. Вопросом заинтересованности людей в профессиях занимались многие отечественные и иностранные социологи и психологи, например М. Вебер, Т. Веблен, П. А. Сорокин, В. А. Ядов, Ф. Э. Зеер и др. [1]. Также необходимо понимать, как на рынок профессий повлияет развитие искусственного интеллекта. В ходе внедрения ИИ могут последовать некоторые явления, связанные с перераспределением или сокращением рабочих мест в отраслях промышленности и в некоторых секторах сферы обслуживания [2].

В декабре 2024 года автором проведено исследование методом анкетного опроса, основной целью которого было выявление отношения студентов инженерных вузов к развитию России и престижности профессий в будущем, а также влияния на рынок профессий искусственного интеллекта. В качестве респондентов выступили 200 студентов вузов (44% – мужчины, 56% – женщины), из них 62% – студенты Московского авиационного института (124 человека).

Опрос показал, что 25% опрошенных могут представить себе будущее России, 39% могут лишь частично и 33,5% не имеют четкого образа будущего. При этом четверть опрошенных уверены в том, что Россия станет сильным и процветающим государством, 28% считают, что ситуация для России в будущем скорее улучшится, 22,5% ответили, что положение ухудшится и 19% затруднились ответить на этот вопрос. Почти половина (49%) полагают, что Россия будет одной из ведущих мировых держав, задающих темпы развития всего мира, 32,5% считают, что Россия будет находиться в ряду среднестатистических стран, не лидеров развития, но и не среди аутсайдеров, 6,5% отметили, что Россия займет место в числе отстающих в развитии стран, и 12% затруднились ответить.

В вопросе «Какая профессия будет самой престижной в России через 10 лет?» наибольшее число респондентов выбрали профессии ИТ-специалист (31%) и инженер (27%). Также 67,5% респондентов считают, что люди будут стремиться получить высшее образование.

Несмотря на развитие искусственного интеллекта, большинство опрошенных считают, что он не заменит людей в таких профессиях как инженер, врач, преподаватель, юрист, госслужащий, водитель, рабочий, ИТ-специалист, психолог, но может заменить экономистов и менеджеров. Однако искусственный интеллект будет часто использоваться большинством людей (58,5% опрошенных).

Таким образом, большинство опрошенных уверены в улучшении ситуации в России в будущем, в том, что Россия будет одной из ведущих мировых держав, а также, что наиболее престижными будут технические специальности, и искусственный интеллект в значительной степени внедрится в жизнь людей.

Список используемых источников:

1. Коган Е.А., Семенова Т.В. Отношение будущих инженеров к работе по специальности: престижность и востребованность профессии. // Перспективы науки и образования. 2018. №2 (32). С. 70–74.
2. Колмакова И.Д., Бурлаков М.Е., Колмакова Е.М., Бутаков Н.А. Влияние искусственного интеллекта на рынок труда Российской Федерации. // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 11 (481). С. 44–52.

Перевод как интерпретация: философский взгляд на языковую культурную трансформацию

Соловьянова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Перевод представляет собой не просто технический процесс передачи слов из одного языка в другой, но и сложную интерпретацию межкультурных контекстов, исторических условий и эмоциональных нюансов. С философской точки зрения, перевод можно рассматривать как акт интерпретации, который вовлекает в себя не только лексические и синтаксические аспекты, но и глубокие смысловые слои, заложенные в оригинальном тексте. В этой статье мы обратимся к роману Льва Толстого «Война и мир» и проанализируем, как восприятие этого произведения как русскими, так и французскими читателями во многом зависит от культурного контекста и перевода.

Философы, такие как Эммануэль Левинас и Мартин Хайдеггер, подчеркивали, что язык не является лишь средством общения, но также формирует наше восприятие реальности. Каждый язык обладает своим уникальным набором смысла, исторического контекста и культурных ассоциаций. Таким образом, процесс перевода включает в себя выбор смысловых акцентов и значений, которые могут отличаться в зависимости от конечной аудитории.

Понятие «интерпретации» в этом контексте можно связать с трудами таких философов, как Гадмер и Деррида, которые утверждают, что любой текст открывается для множества прочтений, и значение текста всегда зависит от точки зрения читателя. Это делает перевод не просто механическим процессом, но и творческой интерпретацией, в которой переводчик становится своего рода автором, создающим новую версию оригинала.

Роман Льва Толстого «Война и мир» представляет собой многоуровневое произведение, которое охватывает не только историческую хронику Наполеоновских войн, но и глубокие философские размышления о судьбе, свободе воли и человеческой природе. Однако восприятие этих тем может различаться между русскими и французскими читателями.

Для русского читателя «Война и мир» часто ассоциируется с национальной идентичностью, исторической памятью и духом времени. Внимание к внутреннему миру героев, их моральным выбором и отношениям в семье и обществе создаёт особую атмосферу, в которой читатель может увидеть отражение собственных переживаний и ценностей. Понятия любви, чести и долга в русской культуре играют ключевую роль, что также находит своё выражение в произведении.

С другой стороны, французский читатель может воспринимать роман через призму собственных культурных и исторических реалий. Французская революция, войны Наполеона и идеи свободы могут стать центральными аспектами интерпретации. Психология персонажей может быть проанализирована с точки зрения рациональности и философии Просвещения, что может привести к иному пониманию мотивации и действий героев.

Рассмотрим сцену, в которой Пьер Безухов сталкивается с философскими дилеммами, связанными с войной и судьбой. Русский читатель может акцентировать внимание на внутренней борьбе Пьера, его поисках смысла и его связи с традиционным русским духом, например, анализируя, как его страдания отражают более широкие темы человеческого существования.

В то время как французский читатель может посмотреть на эту сцену через призму рациональных размышлений о свободе выбора и моральных императивах эпохи Просвещения. Такой подход может привести к акценту на социальных и политических последствиях решений, принимаемых героями.

Таким образом, процесс перевода литературы, особенно таких сложных и многослойных произведений, как «Война и мир», можно расценивать как тщательную работу по интерпретации, в которой переводчик выступает не только как «мост» между языками, но и как интерпретатор культурных и философских традиций. Восприятие текста изменяется в зависимости от культурного контекста читателя, что подчеркивает невозможность точного

односложного перевода. Каждое новое поколение читателей добавляет свои смыслы и интерпретации, делая произведение живым и актуальным в любых культурных реалиях.

Кадровая политика в авиапромышленности: формирование интереса у новых поколений

Хажакян В.О.

Научный руководитель — Ерёменская Л.И.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Авиапромышленность, как одна из ключевых отраслей экономики, сталкивается с острым кадровым голодом, особенно в контексте современного рынка труда. Учитывая невысокие зарплаты и устаревающие производственные процессы, привлечение нового поколения, родившегося после 2000 года, представляет собой значительную проблему. В данной статье рассматриваются исторические примеры, а также современные подходы к популяризации профессий в авиапромышленности, направленные на решение существующих проблем.

На заре авиации, в конце XIX – начале XX века, наблюдался значительный рост интереса к новым профессиям, связанным с авиапромышленностью. Пионеры авиастроения не только привлекли внимание к авиации, но и вдохновили целые поколения на изучение науки и техники. В то время авиация воспринималась как символ прогресса и возможностей, что способствовало формированию позитивного имиджа профессий в данной области. Однако, несмотря на исторические успехи, современная авиапромышленность сталкивается с рядом вызовов, требующих новых подходов к привлечению молодежи. Одной из основных причин, по которой молодое поколение не проявляет интереса к профессиям в авиапромышленности, являются невысокие зарплаты. По сравнению с другими высокотехнологичными отраслями, такие как IT или медицина, авиапромышленность предлагает менее конкурентоспособные условия труда. Это приводит к тому, что молодые специалисты выбирают другие направления, которые обещают более высокие доходы и карьерные перспективы. Кроме того, многие предприятия авиапромышленности продолжают использовать устаревшие технологии и методы работы. Это создает впечатление о низком уровне инноваций и недостаточной привлекательности профессий, связанных с авиацией. Молодежь, выросшая в эпоху цифровых технологий, ожидает, что их работа будет связана с современными и передовыми технологиями.

Одним из наиболее эффективных способов привлечения молодежи к авиапромышленности является внедрение образовательных программ, ориентированных на практическое применение знаний. Стажировки на предприятиях, работающих в сфере авиации, могут стать важным шагом к формированию интереса у студентов. Необходимо развивать партнерство между учебными заведениями и авиапредприятиями, что позволит студентам получать реальные навыки и опыт работы в данной области.

Для изменения восприятия профессий в авиапромышленности необходимо активное продвижение положительного имиджа данной отрасли. Это может включать в себя участие в выставках, проведение семинаров и мастер-классов, а также использование социальных сетей для распространения информации о карьерных возможностях в авиапромышленности. Важно показать, что работа в данной сфере не только престижна, но и связана с высокими технологиями и инновациями.

Инвестиции в современные технологии и автоматизацию производственных процессов также могут способствовать привлечению молодежи. Создание инновационных рабочих мест, где используются современные технологии, поможет сформировать у молодых специалистов представление о том, что авиапромышленность является динамичной и развивающейся отраслью. Современное поколение проявляет значительный интерес к вопросам устойчивого развития и экологии. Авиапромышленность, стремящаяся к снижению углеродного следа и внедрению экологически чистых технологий, может стать привлекательной для молодежи, если акцентировать внимание на этих аспектах. Программа

по внедрению устойчивых практик и технологий может привлечь внимание к профессиям в данной области и создать положительный имидж.

Популяризация профессий, связанных с авиапромышленностью, в условиях невысоких зарплат и устаревающих производств требует комплексного подхода. Внедрение образовательных программ, повышение имиджа профессий, инвестиции в новые технологии и акцент на устойчивом развитии могут стать эффективными мерами для привлечения нового поколения к данной отрасли. Учитывая исторический опыт, важно создать условия, способствующие формированию интереса к авиапромышленности как к динамичной и перспективной области, способной предложить молодым специалистам не только карьерные возможности, но и возможность участия в инновационных процессах и решении глобальных задач.

Новейшее российское гиперзвуковое оружие

Шайхутдинов А.Р.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

РТУ МИРЭА, Москва

Гиперзвуковое оружие — это системы, развивающие скорость, превышающую 5 Махов (6125 км/ч). Есть две разновидности такого оружия: глайдеры (управляемые блоки межконтинентальных баллистических ракет либо ракет средней дальности) и ракеты.

По словам военного ученого-практика В.Н. Половинкина, самое эффективное гиперзвуковое оружие – не то, что способно развить гиперзвуковую скорость на каком-либо прямом участке движения, а то, которое при этом может маневрировать и управляться [1]. Эта характеристика отличает новейшее российское гиперзвуковое оружие от зарубежного. Российские межконтинентальные баллистические системы «Авангард» и боевые комплексы «Орешник» сейчас оборудуются именно такими боевыми блоками. Современные системы ПВО и ПВО против них бессильны.

Первой страной мира, которая получила управляемые гиперзвуковые глайдеры, стала Россия, поставившая на вооружение в 2019 году межконтинентальную боевую систему «Авангард». Боевой блок «Авангарда» движется со скоростью 9,5 километров в секунду, что придает ему кинетическую энергию, которая соответствует 18 тоннам в тротиловом эквиваленте без учета мощности боевого заряда.

Подробные тактико-технические характеристики «Авангарда» засекречены, но известно, что в отличие от других боевых блоков «Авангард» движется на высоте в десятки километров с маневрированием по курсу и по высоте, что делает его неуязвимым для современных систем ПВО и ПРО.

Благодаря новейшим композиционным материалам боевой блок «Авангарда» выдерживает нагрев до 2000С. При этом он стабильно сохраняет свои аэродинамические показатели и управляется на протяжении всего полета. Мощность боевого блока «Авангарда» может составлять до 2 мегатонн.

21 ноября 2024 года Россией была испытана неотразимая БРСД «Орешник». Испытания прошли успешно. В районе города Днепр было поражено одно из крупнейших промышленных предприятий, на территории которого производилась военная техника.

Известно, что дальность полёта БРСД «Орешник» составляет 5500 км. Скорость ракеты, которая летит на недоступной для систем ПВО высоте, превышает 12000 км/ч. Она несет раскрывающуюся боевую часть, в которой находится от трех до шести боеголовок индивидуального наведения. Мощность каждой боеголовки составляет 150 килотонн. Даже при отсутствии боевой нагрузки, кинетической энергии каждой боеголовки, входящей из космоса в атмосферу с гиперзвуковой скоростью, достаточно для нанесения невосполнимого ущерба. Не исключено, что были применены проникающие боеголовки, предназначенные для уничтожения подземных инженерных сооружений.

Система «Орешник» обеспечивает крайне малое время полёта до ключевых объектов НАТО. При запуске из района Капустиного Яра, боевой блок сможет уничтожить американскую базу Рамштайн на территории Германии через 15 минут, а международный войсковой штаб НАТО в Брюсселе через 17 минут [1].

После успешного испытания российского гиперзвукового комплекса "Орешник" канцлер Германии О. Шольц заявил, что для избежания эскалации конфликта между НАТО и Российской Федерацией, его страна больше не намерена предоставлять Киеву авиационные крылатые ракеты большой дальности Taurus.

В заключение следует отметить, что применение «Орешника» стало ответом на данное США и Великобританией Киеву разрешение использовать американские баллистические ракеты ATACMS и британские ракеты большой дальности Storm Shadow для атак на объекты на территории России.

Список используемых источников:

1. Егоров И. Корни «Орешника»: Военный ученый-практик Валерий Половинкин о рождении в ходе СВО нового оружия. – URL: <https://rg.ru/2024/12/15/valerij-polovinkin-boegolovki-oreshnika-probili-desiatki-metrov-betona.htm> (дата обращения: 03.03.2025).

2. Баранец В. «Орешник» расцвел в Днепре: главное о новой баллистической ракете, которую представил Владимир Путин. – URL: <https://www.kp.ru/daily/27664.5/5014384/> (дата обращения: 04.03.2025).

3. Половинкин В.Н. «Орешник» как результат создания и применения современных высоких технологий и материалов // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2024. – Т. 2024. – № 4. – С. 50-58.

Секция №9.5 Интеграция иностранных языков в бизнес-технологии и профессиональные коммуникации

Пути достижения эквивалентности при переводе авиационных текстов с английского языка на русский

Агафонов П.О.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. Эквивалентность в переводе – это степень смысловой близости между оригиналом и переводом, которая обсуждается с разных позиций. Поскольку профессиональный язык, включая термины, развивается вместе с техникой и технологиями, то проблема развития терминосистемы в авиационной сфере представляет научный и практический интерес.

Предметом исследования являются термины, используемые в техническом тексте на авиационную тему. При рассмотрении данной темы были использованы следующие методы: описательный, сравнительно-сопоставительный.

Гипотеза. Важнейшей характеристикой технического текста является наличие в нем большого количества терминологии и узкоспециальной лексики, поиск эквивалентов которой представляет определенную трудность при переводе. Каждый термин несет важную смысловую нагрузку, и его точный перевод играет определяющую роль. Это особенно четко проявляется в аэрокосмической отрасли.

Анализ эмпирического и теоретического материала. Работа над переводами научнопопулярных статей из открытых источников на авиационную тему позволила подтвердить верность научных подходов к изучению эквивалентности и адекватности перевода, а именно:

1) эквивалентность в переводе – это степень смысловой близости между оригиналом и переводом, которая обсуждается с разных позиций, из которых понимание эквивалентности как максимально возможной лингвистической близости между оригиналом и переводом представляется наиболее функциональным;

2) поскольку абсолютное соответствие невозможно, переводчики вынуждены использовать стратегии компенсации для сохранения смысла;

3) выделяют следующие подходы, которые имеют наибольшее прикладное значение:

- формальная эквивалентность, которая заключается в стремлении сохранить структуру оригинального текста, часто сопровождается сносками;

- динамическая эквивалентность, которая ориентирована на передачу смысла и эффекта оригинала;

4) в практике особую ценность представляет выделение следующих видов эквивалентности, в которых обобщены подходы к выбору эквивалента:

- денотативная эквивалентность – точность передачи фактической информации;
- коннотативная (стилистическая) эквивалентность – сохранение стилистической окраски;

- текстуально-нормативная эквивалентность – соответствие нормам жанра;
- прагматическая эквивалентность – ориентирована на восприятие целевой аудиторией;
- формальная эквивалентность – передача специфики оригинального текста (игра слов, каламбур).

Выводы. Проведенное исследование показывает, что теоретическая подготовка переводчиков позволяет им основательно подходить к выбору соответствия и преодолевать трудности, которые возникают при переводе технических терминов и специальной лексики в текстах профессионального общения в авиационной сфере. Понимание сути формальной и динамической эквивалентности необходимо для целесообразного выбора способа перевода с

учетом всего комплекса языковых, общекультурных и профессиональных факторов общения.

Список используемых источников:

1. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.
2. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: вертолеты, суда на воздушной подушке, экранопланы. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 110 с.
3. Лысенко С.В., Курбаков А.В., Плотников В.В. Английский язык радиообмена в авиации. Учебник. – М., 2024. – 220 с.
4. Нелюбин Н.Н. Ведение в технику перевода (когнитивный теоретико-прагматический аспект). – М., 2009. – 216 с.
5. Особенности перевода технических текстов: учебное пособие /Сост.: И.В. Марзоева, Г.З. Гилязиева. – Казань, 2018. – 133 с.

Перспективы изменения терминологии в авиации под влиянием искусственного интеллекта

Артёмова М.А., Комиссаров М.О.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волотов Д.А.

МАИ, Москва

Авиационная терминология эволюционирует под влиянием заимствований, технологических изменений и глобализации, однако сейчас к этим факторам стремится добавиться искусственный интеллект (ИИ), который, порой, бессознательно, участвует в создании новых терминов. Автоматизированные системы документации, генеративные модели, машинный перевод всё чаще предлагают термины, синтезированные алгоритмами.

Целью данного исследования является моделирование процесса появления авиационных неологизмов под влиянием ИИ. Основными задачами работы являются ответы на вопросы: Какие механизмы словообразования наиболее типичны для машинных моделей? Насколько терминология, созданная ИИ, отличается от традиционной? И как это может изменить профессиональный авиационный язык в будущем?

Языковые модели (GPT-4, Mistral-7B и Claude AI) были использованы для генерации авиационных терминов в трёх областях:

1. Технологические инновации – термины, связанные с новыми материалами и разработками. Некоторые из них:

- Kinetith – авиационный материал, изменяющий свою структуру под действием воздушного потока, регулируя аэродинамику крыла (от греч. «κίνησις» – «движение»);
- Aerofluxion – экспериментальная технология двигателей будущего (от лат. «aero» – «воздух» и «fluxion» – «поток»);
- Norbvion – гибридный плазменно-ионный двигатель для низкоорбитальных космических аппаратов (от норв. «nord» – «север» и изменённого англ. «orbital» – «орбитальный»).

2. Системы управления воздушным движением – названия технологий, автоматизирующих диспетчеризацию, контроль полётов, координацию воздушного движения. Например:

- Stratoglisson – система ИИ-синхронизации маршрутов воздушного транспорта, прогнозирующая загрузку коридоров в реальном времени (от лат. «stratum» – «слой» и фр. «glissement» – «скольжение»);
- ZTQ-Ω – авиационный модуль коррекции турбулентности, использующий квантовые расчёты (от англ. «Zero Turbulence Quantization» – «нулевая турбулентность через квантовые вычисления» и греч. Ω (буква «сигма») – финальный уровень технологии).

3. Навигационные системы – терминология для перспективных методов ориентации летательных аппаратов:

• Gravitxior – инерциально-гравитационная система ориентации, использующая для точного определения координат в космосе вариации гравитационного поля (от лат. «gravitas» – «тяготение»).

Анализ полученных данных выявил ключевые тенденции в формировании неологизмов и подтвердил, что ИИ чаще воспроизводит уже устоявшиеся словообразовательные схемы, адаптируя их под авиационную лексику:

- Среди сгенерированных терминов преобладали композиционные образования, смешанные конструкции с элементами разных языков, встречались аббревиатуры и сокращения, построенные по логике инженерных обозначений.

- Комбинирование греческих и латинских корней с фонетической мутацией и гибридизация элементов из нескольких языков являлись двумя наиболее распространёнными способами словообразования.

- Несмотря на мультязычность моделей, большинство терминов имеют англо-латинскую основу, что объясняется доминирующим положением английского языка в авиационной индустрии и его высоким присутствием в обучающих данных ИИ-моделей.

- В ряде случаев сгенерированные термины являлись прямыми кальками с существующих конструкций, однако, ИИ также формировал непредсказуемые и нестандартные комбинации, что демонстрирует его способность к самостоятельному языковому моделированию.

Искусственный интеллект уже сейчас способен участвовать в формировании авиационной терминологии, но его влияние проявляется не через радикально новые модели словообразования, а через адаптацию и переработку устоявшихся лексических шаблонов. Будущее авиационной лексики, вероятно, будет включать автоматически сгенерированные термины, которые со временем могут войти в профессиональный язык, если они окажутся удобными и логичными для специалистов.

Список используемых источников:

1. Земская Е.А. Современный русский язык. Словообразование: учебное пособие. – 10-е изд., стер. – М.: Флинта, 2021. – 324 с.

2. Ивлева Г.Г. Тенденции развития слова и словарного состава. – М.: Высшая школа, 1986. – 136 с.

3. Мусаева А.С. Терминообразование в сфере искусственного интеллекта // Верхневолжский филологический вестник. 2022. №2 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/terminoobrazovanie-v-sfere-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 10.02.2025).

4. Сенько Е.В. Теоретические основы неологии. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2001. – 107 с.

Роль искусственного интеллекта в профессиональной иноязычной коммуникации в аэрокосмической сфере

Ашуров А.О.

Научный руководитель — Судилина Е.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Достаточно долгое время английский язык был главным языком общения в профессиональной сфере. Считалось, что знание английского языка – один из факторов конкурентоспособности специалиста на рынке труда. Однако знание английского языка в наше время уже становится недостаточным, ведь в российских компаниях, чья деятельность связана с аэрокосмической отраслью, появляется острая необходимость коммуницировать с представителями различных стран, и в последнее время произошел «разворот на Восток», поэтому рынку понадобились люди со знанием языков восточных народов, в том числе, специализирующиеся на работе в аэрокосмической сфере. Быстро подготовить переводчиков с китайского, хинди, корейского и других языков в нужном количестве, чтобы обеспечить компании такими специалистами, достаточно сложно. На этом фоне выросла роль искусственного интеллекта в профессиональной коммуникации.

Цель нашей работы – проанализировать роль искусственного интеллекта в профессиональной коммуникации и качество перевода, который он предоставляет.

Соответственно цели исследования были выделены следующие задачи:

1. Провести типологизацию инструментов, которые используют искусственный интеллект и применяются в профессиональном общении.
2. Описать возможности этих инструментов.
3. Проанализировать использование этих инструментов в компании аэрокосмической отрасли.

Нами была рассмотрена классификация различных инструментов на основе искусственного интеллекта, которые необходимы в переводческой деятельности [1]:

1. Онлайн переводчики.

Классификация по способу получения результата:

А) Машинный перевод-использует искусственный интеллект и машинное обучение для перевода информации. Общеизвестным примером данного онлайн переводчика могут стать Google Translate и отечественный аналог-Яндекс Переводчик. Оба являются многоязычными. К этой категории относятся специализирующиеся на европейских языках переводчики, например DeepL.

- Б) Человек, применяющий машинный перевод.

Человек выступает в роли редактора полученной информации. Такой вид распространён в переводческих агентствах.

- В) Живой перевод через онлайн платформы.

Платформы предлагают услугу перевода через видео коммуникацию или чат с профессиональным переводчиком.

2. GPT (generative pre-trained transformer- генеративный предварительно обученный преобразователь). Известны такие системы как YandexGPT, GigaChat от Сбера, ChatGPT.

3.Голосовые помощники. Голосовые ассистенты помогают перевести и озвучить информацию иноязычному собеседнику. При использование данной технологии, знание иностранного языка собеседника не требуется.

Самые известные голосовые модели – это Google Ассистент и Microsoft Translator. На сегодняшний момент это активно развивающийся способ использования искусственного интеллекта в переводческой деятельности.

При переводе переводчик должен решить две задачи [2]:

- 1) Правильно понять содержание авиационного текста на языке оригинала.
- 2) Полно и точно передать это содержание средствами языка перевода.

Необходимо понимать, насколько точно могут выполнять данные задачи вышеперечисленные переводчики, для этого нужно изучить их работу.

Также нами был проведен анализ основных сложностей перевода для машины – ими являются некоторые особенности языков. Эти нюансы должен учитывать искусственный интеллект для создания точного перевода.

Например, в английском языке может возникнуть сложность в определении частей речи, а также надо учитывать, что в авиационном английском общепринятые термины имеют другое значение. Так слово «dead» может быть прилагательным «мёртвый», но в авиационном английском фраза «dead reckoning» переводится как «отсчет пути»; feathering– существительное «оперение», также может быть глаголом, обозначающим «закрытие пера винта» или «флютирование винта; слово «tail»-«хвост» в фразе «vertical tail» означает «вертикальное оперение».

Также может возникнуть проблема передачи смысла при переводе с одного языка на другой. Известна история, когда авиакомпания Braniff Airlines прорекламировала свои новые кожаные кресла с помощью слогана «Fly in leather», что дословно переводится на русский «Летайте в коже». Этот слоган при буквальном переводе на испанский язык стал «Vuela en сего», что переводится как «Летайте голыми». В результате это привело к падению продаж билетов авиакомпании.

В результате проведенной работы, мы пришли к выводу, что Искусственный интеллект помогает профессиональной иноязычной коммуникации, особенно в условиях роста

потребности в специалистах, владеющих восточными языками. Разнообразие инструментов ИИ позволяет компаниям выбирать наиболее подходящий из них. Однако, исследование также показало, что искусственный интеллект на сегодняшний день не всегда может точно обработать различные интерпретации сложных случаев текста на язык перевода. Из этого следует, что для перевода авиационных текстов машинного перевода недостаточно. Нужен человек, под редакцией которого будет осуществляться переводческая деятельность.

Список используемых источников:

1. Дигтяр О. Ю. ОБУЧЕНИЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ СТУДЕНТОВ НЕЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ВУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОЛЕВОЙ ИГРЫ В РАМКАХ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБРАЗОВАНИЯ //Мир науки, культуры, образования. 2024. №. 1 (104). – С. 41-43.

2. Баксанский О. Е., Сорокина С. Г. Этика искусственного интеллекта: сбалансированный подход к развитию и применению //Общество: философия, история, культура.2025. – №. 1. – С.23-33.

Роль контекста в подборе эквивалента термина при переводе текста на авиационную тему

Барыбина Е.И.

Научный руководитель — Курбаков А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. По своей сути научно-техническая литература по сей день является основным источником получения знаний в авиационной отрасли. Перевод подобной литературы требует от переводчика глубокого понимания специфики авиационной отрасли. Целью данной работы является выявление особенностей английского научно-технического текста авиационной тематики, составление плана по работе над таким текстом.

Предметом исследования являются лингвистические характеристики специальной лексики в англоязычной статье на авиационную тему. При рассмотрении данной темы были использованы следующие методы: описательный, сравнительно-сопоставительный.

Гипотеза. Достичь высокого качества перевода возможно, если переводчик учитывает контекст, а именно, особенности системы терминов, культурные различия и стилевые особенности их употребления в техническом тексте.

Анализ эмпирического и теоретического материала. Научно-технический текст – это специализированный вид письменного текста, который используется для передачи точной и объективной информации в определенной области. Основное отличие научно-технического текста – это частое употребление узкоспециальных терминов: tail plane – стабилизатор, dumping – аварийный слив топлива, pilot-in-command – командир воздушного судна, ceiling – высота нижней границы облаков, nose-down – пикирование и т.д. Один термин может обладать несколькими значениями в зависимости от контекста:

- Negative, unable to maintain altitude with one engine inoperative – Отрицательно, не можем поддерживать высоту с одним неработающим двигателем/ The factory uses a complex engine to assemble the product – На фабрике используется сложный механизм для сборки продукта;

- Confirm engine oil pressure is within normal operating limits – Подтвердите, что давление масла в двигателе находится в пределах нормальных рабочих параметров/ The country's economy is heavily dependent on oil exports – Экономика страны сильно зависит от экспорта нефти;

- Confirm you are airborne and established on course – Подтвердите, что вы в воздухе и вышли на курс/ Ensure all airborne cargo is properly secured before departure – Убедитесь, что все перевозимые по воздуху грузы надежно закреплены перед вылетом.

План предпереводческого анализа текста и работа над его переводом может быть представлен следующим образом:

1. Предварительное прочтение исходного текста и его мысленное разделение на части.

2. Выявление проблемных аспектов исходного текста и ознакомление со справочной литературой для устранения недопонимания.

3. Выполнение черного варианта перевода с вычиткой и сравнением перевода для каждого абзаца.

4. Выполнение перевода наименования текста и полная вычитка черного варианта.

5. Сравнение оригинального текста и текста перевода.

6. Редактирование текста перевода.

При работе с научно-техническими статьями авиационной тематики переводчикам стоит использовать специализированные словари, причем они могут быть как бумажные, так и электронные, например Reverso Context или Multitran. При выборе эквивалента необходимо учитывать профессиональную сферу и стилистические характеристики текста. Кроме того, полезно проконсультироваться с экспертами из данной профессиональной сферы для уточнения смысла термина. Переводчику следует прибегать к целесообразным преобразованиям текста при полном сохранении смысла.

Выводы.

Перевод английских научно-технических текстов авиационной тематики представляет собой сложный и трудоемкий процесс, требующий от переводчика широких языковых навыков и знаний и глубокого понимания специфики предметной области.

Список используемых источников:

1. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.

2. Морозова М.А., Яшин Д.Н. Особенности перевода английских научно-технических текстов в авиационной сфере Modern Science. 2019. № 5-3. С. 118-121.

3. Свердлова Е.Я., Рогозная Н.Н. Особенности перевода английских научно-технических текстов авиационной тематики Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 291-292.

4. Плужникова Ю.А., Амадей А., Козлова М.В. и др. Особенности перевода научно-технических текстов в авиационной сфере. В сборнике: Трансформация мировой науки и образования в эпоху перемен: стратегии, инструменты развития. Материалы III международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Ростов-на-Дону, 2022. С. 69-72.

Национальные варианты английского языка как обструктивный фактор при изучении аэрокосмической терминологии

Бондаренко Н.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Одним из важнейших условий овладения мастерством письменного специального перевода, как известно, является изучение отраслевой лексики в объеме необходимом и достаточном для обеспечения глубокого и полного понимания иноязычных текстов [1].

Уверенное оперирование терминами и другими компонентами специальной лексики (номенклатурными обозначениями, сокращениями, аббревиатурами, профессионализмами, жаргонизмами и пр.) наряду со знанием их иноязычных эквивалентов способно значительно ускорить и оптимизировать процесс формирования переводческих компетенций.

Студенты Института иностранных языков Московского авиационного института (НИУ), обучающиеся по направлению подготовки 45.03.02. «Лингвистика» и осваивающие основы перевода в аэрокосмической сфере, неизбежно сталкиваются с необходимостью изучения аэрокосмической терминологии и уделяют этому аспекту повышенное внимание на протяжении всего периода обучения.

Работа по формированию и расширению специального лексикона осуществляется в рамках различных дисциплин и направлена как на получение учащимися представлений об основной единице авиационной терминосистемы – термине, его графической и звуковой

формах, лексическом значении, этимологии, структурных и морфологических особенностях, словообразовательном потенциале, сочетаемости, функциональности и нормативности употребления, так и на овладение ими приемами точного в эквивалентном отношении перевода терминов.

Однако данный процесс осложняется рядом факторов лингвистического и экстралингвистического характера.

Так, например терминологические системы русского и английского языков авиации и космонавтики ввиду некоторых расхождений в системе понятий, а также недостаточной степени упорядочения и унификации характеризуются определенной дисгармонией и не соответствуют современному уровню развития аэрокосмических технологий.

Встречаются также и следующие многочисленные негативные исключительно языковые явления: внутриязыковая и межязыковая омонимия, неоправданная синонимия, различия в дефинировании терминов, нечеткое определение специальных понятий, произвольная вариативность форм, необоснованное использование заимствований, распространение немотивированных псевдотерминов, терминоидов, предтерминов, квазитерминов, прототерминов, нерелевантных применяемых принципов и моделей образования терминов, полное или частичное отсутствие семантически равных эквивалентов [2].

Отдельную значительную трудность при изучении аэрокосмической терминологии вызывает у обучаемых наличие национально окрашенной (национально-маркированной) специальной лексики, особенно той ее части, которая еще не зафиксирована словарями и не получила должного лексикографического описания, но которая уже активно используется специалистами и встречается в текстах профессиональных изданий, поскольку современный английский язык характеризуется широкой географической распространенностью и наличием национальных вариантов: британского, американского, канадского, ирландского, австралийского и новозеландского, обладающих своими фонетико-фонологическими, лексико-семантическими, морфологическими и синтаксическими отличиями.

Так, для номинации одинаковых понятий в британском и американском вариантах употребляются разные языковые средства. При этом различия могут проявляться как на уровне орфографии, например: aeroplane BrE – airplane AmE; altimetre BrE – altimeter AmE; так и на лексическом уровне: aerial BrE – antenna AmE; aircraft design engineer BrE – aircraft designer AmE; aircraft engine BrE – powerplant AmE; aerospace engineering BrE – aeronautical engineering AmE; afterburner BrE – reheat AmE; cabin crew BrE – flight attendant AmE; engine pod BrE – engine nacelle AmE; hangar BrE – airplane shelter AmE; log book BrE – flight log AmE; overhead compartment BrE – overhead bin AmE; launch vehicle BrE – booster AmE; undercarriage BrE – landing gear AmE; unmanned aircraft BrE – unpiloted aircraft AmE; tail unit BrE – empennage AmE; windscreen BrE – windshield AmE.

Данная лексическая вариативность, являющаяся по сути проявлением избыточной терминологической синонимии, значительно осложняет и замедляет процесс усвоения отраслевой лексики, вносит элемент некоторой неясности и неопределенности номинирования тождественных понятий, требует дополнительных усилий по установлению значений новых слов, приводит к неоправданному расходу временных и ментальных ресурсов в процессе их запоминания и создает излишний когнитивный барьер при развитии иноязычной профессиональной коммуникативной компетенции.

В целом, существующие очевидные формальные различия между равнозначными аэрокосмическими терминами, используемыми в англоязычных странах, свидетельствуют о необходимости не только межязыковой, но и внутриязыковой гармонизации и унификации общанглийской терминологической системы.

Список используемых источников:

1. Зайченко А.А. Методика сопереживания языка и перевода. Пятигорск: ПГЛУ, 2006. 271 с.
2. Гринев-Гриневич С.В. Терминоведение. М.: Академия, 2008. 302 с.

Компетентностная модель специалиста аэрокосмической отрасли с точки зрения профессиональной коммуникации

Глущенко Т.С.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Неверова Н.В.

МАИ, Москва

Компетентностная модель специалиста аэрокосмической отрасли с точки зрения профессиональной коммуникации. Компетентностная модель в данном контексте включает в себя как техническую подготовку, так и коммуникационную, навыки которой необходимы для эффективного взаимодействия в профессиональной сфере аэрокосмической отрасли в соответствии с современными требованиями для укрепления промышленного комплекса страны и международном сотрудничестве. В этом актуальность нашей работы. Цель – систематизировать и раскрыть подходящие компетентностные модели для инженерных направлений в аэрокосмической сфере, подразумевающих наиболее эффективный метод работы среди рабочих коллектив и изменений в системе мирового взаимодействия. Исследования в этой области проводятся такими учёными как С. Г. Акубаева, А.А. Зайцева, Н. В. Баскакова, И.В.Литовкина. Были выявлены компетенции, которые необходимы для эффективной работы в коллективе, задействуя все заинтересованные стороны в достижении поставленных целей. Ситуативная компетенция - подразумевает применение критического мышления в экстренных ситуациях, их разрешения эффективным способом в кратчайшие сроки в сложившихся условиях. Речевая компетенция – коммуникативная способность, предполагающая обмен информацией в устной форме, понятной для участников диалога, слушателей в доступном формате на всех уровнях взаимодействия. Лингвистическая компетенция – знание иностранных языков позволяет вести общение и обмен опытом с иностранными специалистами, в особенности на английском языке, который универсален для всего мира. Отечественная промышленность в аэрокосмической сфере играет важную роль в международном взаимодействии. Повышение уровня знания английского языка в данной отрасли у специалистов позволяет вести диалог напрямую с иностранными коллегами, участвовать в международных проектах, таким образом перенимать опыт партнёров и использовать полученные знания в собственных разработках. Разговорный английский (Real Spoken English), профессионально-ориентированный в аэродинамическом и космическом направлениях языки способствуют поддержанию норм междисциплинарного взаимодействия и сохранению, развитию и укреплению профессиональной этики и взаимосодействия мирового масштаба. Мы рассмотрели, как развитие технологий, в частности, искусственного интеллекта и цифровых технологий, изменяют требования к специалистам в области аэрокосмической отрасли в плане их коммуникационных и межличностных навыков. Проанализированы, как различные аспекты профессиональной коммуникации влияют на успех проектов в аэрокосмической сфере, как они эволюционируют с учетом внедрения новых технологий и подходов, таких как искусственный интеллект, автоматизация и международное сотрудничество. Определили важность командной работы и междисциплинарного взаимодействия. Рассмотрели, как навыки работы в команде, взаимодействия с различными специалистами и руководителями влияют на успешную реализацию проектов, особенно в условиях сложности и высоких рисков аэрокосмической отрасли. Исследовали глобальные аспекты профессионального сотрудничества. Оценили важность межкультурной компетентности и умения работать в международных командах, учитывая специфику глобализированной аэрокосмической отрасли. В своём исследовании мы показали, как комплекс навыков и знаний, связанных с профессиональной коммуникацией, влияет на эффективность работы специалистов в аэрокосмической отрасли, и предложили пути развития в условиях современного технологического процесса. Уровень высокой коммуникационной компетенции специалистов российской промышленности необходим для дальнейшего освоения неба и космоса в целом ради блага науки и человечества.

Список используемых источников:

1. Компетентностная модель специалиста аэрокосмической отрасли с точки зрения профессиональной коммуникации.

2. Akybayeva G. S. Цифровой профиль компетентностной модели выпускника вуза //Bulletin of the Karaganda university Pedagogy series. – 2024. – Т. 11429. – №. 2. – С. 37-47.
3. Абдуллаева С. Х. ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД И КОМПЕТЕНТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ //PEDAGOGICAL SCIENCES AND TEACHING METHODS. – 2024. – Т. 4. – №. 39. – С. 26-42.
3. Зайцева А. А., Баскакова Н. В., Литовкина И. В. МОДЕЛЬ ВЫПУСКНИКА СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЫ //Теория и практика современной науки. – 2024. – №. 8 (110). – С. 37-41.

Роль профессионального переводчика в современной компании (на примере компании аэрокосмической отрасли)

Гореликов И.А.

Научный руководитель — Шаройко Е.А.

МАИ, Москва

Роль переводчика в аэрокосмической отрасли нельзя недооценивать. В современной деловой коммуникации международное взаимодействие необходимо для выхода и дальнейшего функционирования компаний на глобальном рынке, для обмена опытом сотрудников компаний, поиска деловых партнёров. В аэрокосмической отрасли международное сотрудничество во многих случаях является необходимым, говоря, к примеру, о международных авиакомпаниях. С международной коммуникацией появляется необходимость в переводчиках, обеспечивающих взаимодействие между компаниями. Кроме того, переводчики в аэрокосмической отрасли нужны для работы с технической документацией.

Рост вычислительных мощностей компьютеров в последние три десятилетия обусловил развитие нейронных сетей. На данный момент нейросети используются для различных задач — в качестве основы искусственного интеллекта автомобилей и летательных аппаратов, для анализа содержимого текста и изображений, в сфере развлечений, для иных целей. Нейросети могут использоваться в качестве языковых моделей — алгоритмов моделирования текстов на естественном языке. Они же являются основой для машинного перевода. В 2018 году «Школа дидактики перевода» провела форсайт-сессию, целью которой был прогноз будущих трендов развития переводческой отрасли и будущее отрасли вообще. Так, на сессии был единогласно выбран главный тренд — «Автоматизация функции перевода вследствие развития высоких технологий», а одним из «минитрендов» в рамках этого тренда было выделено «Внедрение и развитие технологии machine learning...»

Средствами машинного перевода мы не можем выполнить перечень задач. На данный момент машинный перевод не всегда справляется с переводом терминов и специфической лексики в узкоспециализированных текстах. Подобные проблемы требуют вмешательства человека, так как для перевода необходимы знания в смежных дисциплинах. По этой причине можно выделить роль машинного перевода в технической области — машинный перевод как инструмент в руках переводчика. Так, роль современного переводчика распространяется на постредактирование машинного перевода. В аэрокосмической отрасли, где от правильного перевода технической документации зависит безопасность полётов и, соответственно, будущее индустрии, постредактирование машинного перевода человеком является необходимым. Соответственно, профессия переводчика остаётся актуальной и по сей день, но видоизменяется из-за повсеместного внедрения машинного перевода.

Переводчик необходим для передачи нужного контекста. Чаще всего это касается художественной литературы, философской, и других направлений, где, в отличие от технической литературы, может присутствовать небуквальность повествования. Исходя из языковых особенностей языка оригинала и языка перевода, переводчик «говорит почти то же самое», переводит с максимальной точностью, но в процессе перевода могут возникать незначительные изменения в виде потери или добавления смысла. Так как есть много способов передать одну и ту же информацию, ответственность за передачу необходимого смысла должна оставаться за человеком.

Таким образом, пренебрежение машинным переводом оказывается ошибочным, так как для упрощения и ускорения процесса перевода требуется синтез переводчика-человека и машинного перевода. Сейчас происходит не замена людей на машины, а поиск человеком подлинно человеческого в себе на примере развития машин. Техника продолжает заполнять считающиеся человеческими сферы жизни, поэтому существует необходимость в переосмыслении техники и роли человека в нынешних реалиях в целом и языковых моделей и роли переводчика, в частности.

Список используемых источников:

1. Гавриленко Н. Н. Форсайт-технология как инструмент прогнозирования развития профессии переводчика //сб. научных трудов «Профессионально-ориентированный перевод: реальность и перспективы. – 2017. – №. 12. – С. 58-70.
2. Сара П. Профессия переводчика //Этнодиалоги. – 2018. – №. 2 (56). – С. 255-260.
3. Абдуганиева Д., Султонов Ф. Основные аспекты переводческой компетенции как важного элемента профессиональной подготовки студентов //Лингвоспектр. – 2025. – Т. 1. – №. 1. – С. 349-355.

Лингвистические особенности авиационных текстов на австралийском английском языке

Дзёба А.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования. Австралийский вариант английского языка (AusE) представляет собой уникальное явление, отражающее богатую историю и разнообразие культур. Хотя английский язык не имеет официального статуса в Конституции Австралии, он де-факто является им. Расхождения австралийского варианта с британским начались после основания колонии Новый Южный Уэльс в 1788 году [1, с. 142]. С этого момента язык адаптировался и эволюционировал, а языковые отличия возникли из-за смешения языков в процессе общения местных аборигенов с иммигрантами. Это привело к формированию лингвистических особенностей, характеризующих австралийский английский как отдельный вариант английского языка. Актуальность настоящего исследования обусловлена наличием отличительные черты, которые влияют на профессиональную коммуникацию и интерпретацию информации, тем самым необходимо более детально рассмотреть их для повышения эффективности деятельности в авиационной сфере.

Целью исследования является анализ лингвистических особенностей в авиационных текстах на австралийском английском языке.

Исследование. В ходе анализа авиационных статей было выявлено, что грамматические особенности австралийского варианта английского языка наиболее схожи и соответствуют британскому английскому. Различия касаются некоторых частных случаев, а именно предлогов *around*, *round* и *about*, которые являются синонимичными, что соотносится с американским вариантом; дублетных форм *among/amongst*, где вторая хотя и считается архаичной, но в письменной речи используется почти с такой же частотностью, что и первая [2, с. 152]. Наиболее существенным структурным отличием является употребление *will* в качестве универсального глагола будущего времени, в том числе и в первом лице вместо глагола *shall*, и, соответственно, *would* вместо *should*.

Орфография австралийского варианта английского языка сохраняет традиционное написание, которое соответствует британскому варианту. К таким единицам относятся варианты написания *-our*, *-re*, *-ise*, *-ll* [1, с. 143].

Также в австралийском варианте английского языка наблюдаются отличия, связанные с написанием цифр. Числа от 1 до 99 в текстах будут прописываться словами [2, с. 157]. Если же автор намеревается выразить приблизительное значение, используя предлоги *around* или *about*, то цифры будут также написаны словами.

Вывод. Таким образом, рассмотренные особенности австралийского варианта английского языка, находят отражение в текстах авиационной тематики, поэтому

необходимо знать и умело ими оперировать, чтобы корректно осуществлять перевод специализированных текстов.

Список используемых источников:

1. Агапова И.В., Горбунова В.С. Особенности австралийского варианта английского языка // ПНиО. 2014. №3. С. 142 – 146.
2. Орлов Г.А. Современный английский язык в Австралии – М.: «Высшая школа», 1978. – 178 с.

Языковые средства выражения диалогичности в научно-популярном медиатексте аэрокосмической тематики

Жукова О.К.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Трубченинова А.А.

МАИ, Москва

Актуальность настоящей работы связана с обращением к лингвистическим механизмам медиапопуляризации научно-технического знания. В условиях стремительного развития авиационно-космических технологий сетевые научно-популярные тексты, нацеленные на передачу специальных знаний широкой аудитории, становятся важным инструментом информирования, объяснения, обучения, развлечения [2].

Для достижения адекватного прагматического эффекта в научно-популярном тексте необходима максимальная открытая выраженность в нем установки на ответную реакцию читателя, построение такой языковой стратегии субъекта речи, которая обеспечивала бы потенциальную обратную связь, то есть реализацию диалогических отношений [3, с. 238]. Диалогичность как сущностный признак научно-популярного текста отмечают большинство исследователей. Применительно к монологическим формам научно-популярного дискурса названная характеристика рассматривается как взаимодействие автора с потенциальным адресатом [1], учет смысловой позиции последнего, что выражается в тексте при помощи определенных языковых средств.

Цель работы – выявление лингвистических маркеров диалогичности и их роли в реализации стратегической целеустановки научно-популярных медиатекстов аэрокосмической тематики. Материалом для исследования послужили сообщения немецкоязычных профильных и политематических интернет-порталов aerotelegraph.com, dlr.de, flugrevue.de, scinexx.de.

Проведенный анализ показал преобладание синтаксических языковых форм реализации диалогичности. В первую очередь сюда можно отнести вопросительные конструкции разных структурных типов, которые используются в том числе и в сильных позициях текста – заголовках, подзаголовках и внутренних заглавиях. С помощью вопросов автор активизирует внимание читателя, апеллирует к его информированности, побуждает потенциально участвовать в поиске ответа на поставленный вопрос, что придает тексту интерактивный характер. Вопросно-ответные комплексы представляют собой своеобразный способ создания плана адресата, имитируют диалог между автором и читателем. Разделяя постановку проблемы и ее решение, вопросно-ответные единства позволяют реципиенту следить за порциями информации и ее последовательным изложением. Восклицательные конструкции вводят в текст субъективный фактор – отношение автора к объекту объяснения, акцентируя внимание на значимой информации или выделяя оценку.

Посредством прямой цитации или косвенной речи, отсылающей адресата к высказываниям авторитетных лиц, расширяется смысловой потенциал текста, подтверждаются или усиливаются суждения автора, реализуется воздействие на познавательную сферу и эмоции читателя.

Личное местоимение *wir* (мы-диалогическое) и соответствующее ему притяжательное местоимение *unser* подчеркивают общность когнитивного опыта, дают читателю возможность почувствовать свою причастность к обсуждаемой проблеме, вовлечь его в описываемую ситуацию. Также отметим использование таких форм проявления диалогичности, как вводные слова и вставные конструкции. Последние выполняют функцию

уточнения, объяснения, добавочного сообщения, помогают адресату следить за ходом рассуждения.

Более легкому восприятию сложной научно-технической информации способствуют аналогии, которые позволяют перейти от абстрактных знаний к более конкретным, составляющим общий фонд возможных адресатов.

Выявленные лингвистические маркеры диалогичности в сочетании с аудиовизуальными средствами выразительности реализуют характерный для научно-популярного изложения принцип доступности и наглядности.

В заключение подчеркнем прикладной аспект исследования, который видится в использовании материала и результатов работы при подготовке специалистов лингвистического и аэрокосмического профиля с целью совершенствования языковой компетенции и навыков работы с информацией в цифровой медиасреде.

Список используемых источников:

1. Басовская Е.Н. Современный научно-популярный радио-дискурс: принцип диалогичности //Е. Н. Басовская, Т.А. Воронцова // Медиалингвистика. – 2022. – Т. 9, №4. – С. 431-445.
2. Дускаева, Л. Р. Популяризация научных знаний в медийной среде: стратегии изложения // Предъявление научного знания в диалоге медиа: контексты, технологии и языковые техники. – Санкт-Петербург: ООО «Медиапапир», 2023. – С. 57-68.
3. Кириченко Н.В. Научно-популярный подстиль // Стилистический энциклопедический словарь русского языка. - М.: Флинта: Наука, 2011. – С. 236-242.

Язык визуальных профессиональных коммуникаций

Кондратьев М.Р.

Научный руководитель — Анисова Е.Н.

МАИ, Москва

Внимание становится все более дефицитным ресурсом, что в свою очередь побуждает задуматься об изучении языка, используемый в профессиональном визуальном общении. Тенденции современного мира стремительно меняются, как и стремительно меняются потребности людей из поколения в поколение. Еще несколько десятилетий назад внимание людей было направлено на слуховую и преимущественно текстовую информацию в профессиональных коммуникациях. Отчеты и презентации не выделялись визуалом, были монотонны и сложны в содержании. Но все изменилось... Современный темп жизни и перегруженность информацией заставляет многие компании и предприятия придумывать новые способы захватить внимание человека на визуальном уровне.

Цель исследования: анализ языка визуальных профессиональных коммуникаций в современном мире

Язык визуальных коммуникаций для современных компаний в особенности авиакомпаний является ключевым фактором формирования бренда, основополагающей целью которого является привлечение клиентов современного мира.

Эффективное использование иностранного языка в сфере визуальных профессиональных коммуникаций позволяет компаниям международного масштаба и в особенности авиакомпаниям захватывать внимание большего количества аудитории.

Язык профессиональных визуальных коммуникаций находится в постоянном развитии, адаптируясь под новые реалии и потребности людей. Все больше компаний и предприятий будут задумываться о важности этой сферы. Все быстрее будет развиваться визуал по разным направлениям сфер нашей жизни.

Список используемых источников:

1. Малышева Е. В., Морозова О. Н. Визуальная коммуникация в сетевом взаимодействии. – Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского КОНФЕРЕНЦИЯ: ЖУРНАЛИСТИКА И PR В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ МЕДИАСРЕДЫ: ТРАДИЦИИ И НОВАТОРСТВО Нижний Новгород, 12-13 марта 2024 года Организаторы: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024.

Роль лингвистического контекста при переводе авиационных текстов с английского языка на русский

Коргополова Н.А.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. Авиационная индустрия, как сложный технический и международный сектор, требует высокой степени точности и эффективности в коммуникации. Особое значение имеет перевод авиационных текстов, где ошибки могут привести к серьезным последствиям, включая угрозу безопасности полетов. Лингвистический контекст играет ключевую роль в обеспечении точности и ясности перевода, что делает его изучение актуальным и необходимым. Цель исследования – раскрыть роль лингвистического контекста при переводе авиационных текстов. Задачи:

- 1) изучить особенности авиационных текстов;
- 2) оценить роль лингвистического контекста в процессе перевода;
- 3) проанализировать технические и культурные аспекты перевода в авиации.

Предметом исследования являются общепотребительная и специальная лексика, используемая в техническом тексте на авиационную тему. При рассмотрении данной темы были использованы следующие методы: описательный, сравнительно-сопоставительный.

Гипотеза. Лингвистический контекст является ключевым фактором при переводе авиационных текстов, так как он помогает устранить многозначность терминов и обеспечить точность перевода.

Анализ эмпирического и теоретического материала. Работа над переводами научнопопулярных статей из открытых источников на авиационную тему позволила подтвердить верность научных подходов к изучению лингвистического контекста при преобразовании научно-популярного и научно-технического текстов, а именно:

1) авиационные тексты характеризуются высокой степенью специализации, использованием технической терминологии, аббревиатур и многозначных терминов. Например, термин «holding» может означать как задержку в воздухе, так и ожидание на земле, что требует точного понимания контекста;

2) авиационные тексты насыщены терминами, которые часто заимствуются из английского языка (например, VOR – Very High Frequency Omnidirectional Range);

3) особые требования к точности перевода специальной лексики и терминов, поскольку даже незначительные неточности могут привести к катастрофическим последствиям: например, неправильная интерпретация команды «Go around» (прервать посадку) может создать угрозу безопасности;

4) акцент на лаконичность и ясность: коммуникация в авиации должна быть максимально четкой и краткой, чтобы избежать недопонимания между пилотами и диспетчерами;

5) контекст подразделяется на микро- и макроконтест: микроконтекст включает ближайшее окружение термина, а макроконтест – общий смысл текста: например, термин «approach» может означать как фазу полета, так и стратегию решения проблемы.

6) культурный контекст: переводчик должен учитывать культурные особенности, такие как различия в системах измерения (футы/метры) или в восприятии команд.

Перевод авиационных текстов требует не только лингвистических знаний, но и глубокого понимания технических аспектов авиации:

- терминология и аббревиатуры: переводчик должен точно передавать значения терминов, таких как ILS (Instrument Landing System) или SQUAWK 7700 (код чрезвычайной ситуации);

- технические данные: ошибки в переводе координат или технических параметров могут привести к навигационным ошибкам;

- необходимость специализации: переводчик должен постоянно обновлять свои знания в области авиации, чтобы учитывать новые технологии и процедуры.

Культурные аспекты в авиационном переводе:

- культурные различия играют важную роль в переводе авиационных текстов, так как они влияют на восприятие и интерпретацию информации;
- национальные стандарты: переводчик должен учитывать различия в стандартах безопасности и процедурах, принятых в разных странах;
- культурные аналогии: термины могут не иметь прямых эквивалентов в других языках, например, термин Jumbo Jet (Боинг 747) требует культурологического комментария для русскоязычного читателя;
- особенности коммуникации: В некоторых культурах команды формулируются более мягко, что может привести к недопониманию в авиационной среде.

Выводы.

Исследование подтвердило, что лингвистический контекст играет критическую роль в переводе авиационных текстов. Он помогает устранить многозначность терминов, обеспечить точность и ясность перевода, что особенно важно в условиях, где ошибки могут иметь катастрофические последствия. Для повышения качества перевода рекомендуется:

- систематически обновлять глоссарии и словари авиационной терминологии;
- обеспечивать непрерывное обучение переводчиков в области авиации.
- разрабатывать специализированные инструменты для автоматического перевода с учетом контекста.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния культурных факторов и разработку новых технологий для повышения точности перевода в авиационной сфере.

Список используемых источников:

1. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.
2. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: вертолеты, суда на воздушной подушке, экранопланы. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 110 с.
3. Лысенко С.В., Курбаков А.В., Плотников В.В. Английский язык радиообмена в авиации. Учебник. – М., 2024. – 220 с.
4. Нелюбин Н.Н. Ведение в технику перевода (когнитивный теоретико-прагматический аспект). – М., 2009. — 216 с.
5. Особенности перевода технических текстов: учебное пособие /Сост.: И.В. Марзоева, Г.З. Гилязиева. – Казань, 2018. – 133 с.

Особенности чтения аббревиатур при ведении радиотелефонной связи «Земля-Воздух»

Кривчик В.А.

Научный руководитель — Дербина С.В.

МГТУ ГА, Москва

Стандартный алфавит ИКАО

В 1956 году ИКАО, в числе многих межнациональных организаций, приняла алфавит, состоящий из акрофонических слов:

A-alfa, B-bravo, C-charlie,..., Z-zulu.

Несмотря на определенные правила произношения приведенных выше литер, алфавит специально был разработан таким образом, чтобы носители английского, французского и испанского языков даже при неправильном произношении могли передавать смысл без ущерба пониманию.

Местные допущения при чтении некоторых букв различными пользователями

Помимо замены некоторых акрофонов иными словами по техническим, языковым, социально-политическим и иным причинам, в стандартных алфавитах некоторых языков есть свои буквы или буквы со знаками диакритики (к примеру, с умляутами), не представленными в английском алфавите. При наличии двухбуквенных заменителей, для кодов ИКАО могут использоваться слова, которые соответствуют этим двум буквам.

В шведском языке приняты сочетания Alfa Alfa (aa) для буквы <Ä>, Alfa Echo (ae) — для <Å> и Oscar Echo (oe) для <Ö> в дополнение к фонетическому алфавиту ICAO.

Общие правила чтения аббревиатур при ведении связи «Земля-Воздух»

Для чтения аббревиатур, обозначающих пункты маршрута, позывные бортов используется стандартный фонетический алфавит ИКАО. Чтение регламентируется Приложением 10 к Чикагской конвенции «Авиационная электросвязь». Аббревиатуры произносятся с использованием акрофонического алфавита для ясности, в виду высокой вероятности ошибочного трактования букв при неудовлетворительном качестве радиосвязи, в то время как использование акрофонического алфавита позволяет достичь однозначности.

Чтение аббревиатур английским алфавитом побуквенно

Часть аббревиатур является общепринятой для авиационных специалистов, что практически исключает возможность их неправильного трактования, поэтому они читаются литерами английского алфавита.

Чтение аббревиатур единым словом

Единым словом в основном читаются аббревиатуры, содержащие от пяти литер, поскольку сообщения при радиообмене должны быть не только ясны, но и коротки. Произношение, например, точек маршрута акрофоническими литерами, приведет к увеличению длины сообщения, что в условиях динамики воздушного движения недопустимо. С учетом такого наименования точек маршрута в одной зоне таким образом, чтобы не было точек с похожими названиями, вероятность неправильного трактования названия точек практически исключается. То же касается и некоторых терминов, длина которых составляет 4 символа и более, и, если их состав позволяет читать их как единое слово, и термин также является общепринятым для авиационных специалистов.

Список используемых источников:

1. ICAO Doc.8400.
2. ICAO Doc.4444.
3. ICAO Doc.9432.
4. https://ru.ruwiki.ru/wiki/Фонетический_алфавит_ИКАО.
5. https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Фонетический_алфавит_ИКАО.

Систематизация и классификация аэрокосмических ономастических реалий

Меркулова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Коротаева И.Э.

МАИ, Москва

Исследование посвящено систематизации антропонимов и топонимов. Американские ономастические реалии аэрокосмической тематики были распределены по группам, был проведён их лингвокультурологический анализ и проанализирован национально-культурный фон. В работе делается вывод о том, что данный вид реалий актуален не только для конкретной страны, но и для мировой истории и культуры в целом

Антропонимы – это общеизвестные или «значащие» имена собственные, которые принято называть «олицетворёнными» именами. К ним можно отнести имена людей, вошедших в историю авиации и космонавтики, а также их прозвища.

Летчики, инженеры, техники относятся к воздушным судам как к живым существам, поэтому в авиации прижилась традиция присваивать летательным аппаратам имена известных людей [4].

Топонимы – это географические названия, образующие топонимическую систему в любом районе земного шара [2].

Отмечается тесная связь данных лексических единиц с национальной культурой. Попадая в другой язык, они могут приобрести ассоциации, свойственные обозначаемому им

объекту в новой культуре. Топонимы могут создавать в тексте ориентир времени. Примером топонима, имеющего культурно-исторические ассоциации, является название посёлка Kitty Hawk, которое чаще воспринимается не как обычное географическое название, а как указание на начало эры авиации, связанное с братьями Райт. Г.Д. Томахин классифицирует этот топоним как «мемориальный», то есть связанный с именами знаменитых людей. Мемориальными можно назвать и такие названия, которые не мотивированы именами известных людей, но содержат информацию о них и в сознании носителей языка и культуры связаны с ними.

Отбор лексического материала из лексикографических источников и другой литературы [1] и его анализ позволил выделить следующие основные группы ономастических реалий:

1. Модели и модификации самолётов и вертолётов: Boeing 747 (тж. Jumbo Jet); B-29 (тж. Superfortress).

2. Разговорные названия самолётов/моделей самолётов: Air Force One (самолёт президента США); Jumbo Jet (Boeing 747, Seven-Four(ty)-Seven).

3. Названия аэропортов: Kennedy International Airport (тж. JFK Airport; ранее – Idlewild; JFK – сокр. от John Fitzgerald Kennedy (35-й президент США)).

4. Имена выдающихся личностей в области авиации и космонавтики:

авиация: Wright Brothers (Братья Райт – пионеры авиации, с которыми связано начало «эры авиации», американские авиастроители);

космонавтика: Th.P.Stafford, D.K.Slayton, V.D. Brand, Vance D. (астронавты); А. Леонов, В. Кубасов (космонавты) – участники двухдневной стыковки американского космического корабля «Apollo» («Аполлон») и советского космического корабля «Союз-19» (Apollo-Soyuz test project – космический полёт «Союз-Аполлон»), 1975г.;

5. Прозвища героических личностей: «The Lone Eagle» (Ч. Линдберг, знаменитый лётчик, в 1927 г. совершил трансатлантический перелет на одноместном самолете. Получил прозвище «Одинокий орел»).

6. Наименования ракет, космических кораблей, космических аппаратов (и их серий), орбитальных станций: Apollo; Falcon; Space Shuttle; Discovery; Columbia; Challenger; Atlantis.

7. Названия авиакомпаний: TWA (Trans World Airlines).

8. Названия авиастроительных, ракетостроительных, аэрокосмических корпораций: Boeing Company; Douglas Aircraft Corp.; Lockheed Corp.

9. Названия программ (космических, научно-исследовательских, испытательных), экспериментальных проектов: Apollo; Apollo-Soyuz test project; Space Shuttle; Stealth.

10. Название научных организаций: American Institute of Aeronautics and Astronautics; John F. Kennedy Space Center.

11. Названия космических центров, космодромов, центров космических полётов, испытательных полигонов: John F. Kennedy Space Center; Goddard Space Flight Center.

12. Названия авиационных и аэрокосмических промышленных компаний: American Wright Co.; Douglas Co.

13. Названия спутников/серий спутников: Explorer; Explorer I.

14. Названия аэровокзалов: West Side Airlines Terminal; East Side Airlines Terminal.

15. Топонимы, имеющие культурно-исторические ассоциации: Kitty Hawk; Kill Devil Hill; Cape Canaveral (в 1964-74гг. назывался Cape Kennedy).

16. Названия географических объектов на других планетах: Goddard (кратер в Море Краевом на видимой стороне Луны, названный в честь Р.Х.Годдарда); Wright Mons (гора Райт на Плутоне, названная в честь братьев Райт).

В истории авиации и космонавтики постоянно появляются новые имена. Создание новой модели самолёта, новой ракеты и спутника сопровождается пополнением лексикона новыми ономастическими реалиями. Однако многие исторические ономастические реалии также не теряют своей актуальности и сохраняются в составе различных названий и наименований, используются при создании названий географических объектов на других планетах. Благодаря таким словам, мы можем знакомиться с мировой историей развития авиации и космонавтики, следить за её развитием.

Список используемых источников:

1. Опарин М. Именные самолеты в небе России // Сетевое издание «Армейский стандарт» (armystandard.ru) [Электронный ресурс] (<https://armystandard.ru/news/20232171017-xCFhK.html/amp/>). 17 февраля 2023 (дата обращения: 19.02.2025).
2. Ощепкова В.В., Шустилова И.И. Краткий англо-русский лингвострановедческий словарь: Великобритания, США, Канада, Австралия, Новая Зеландия. – М.: ФЛИНТА:НАУКА, 2001. – 176 с.
3. Рум А.Р.У. Великобритания: Лингвострановедческий словарь. – М.: Рус.яз., 1999. – 560 с.
4. Томахин Г.Д. США. Лингвострановедческий словарь. – ТАМБОВ: Издательство «ПРОЛЕТАРСКИЙ СВЕТОЧ», 2009. – 632 с.

Внедрение искусственного интеллекта для оптимизации международных бизнес-коммуникаций, автоматизации перевода и анализа текстов на иностранном языке в авиационной сфере

Михайлов В.С., Халтурин С.С.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рябова Г.В.

МАИ, Москва

В современном мире глобализация усиливает роль международных отношений, охватывая все сферы деятельности. Авиация, как ключевой элемент, обеспечивает связь между странами и остается незаменимым инструментом для быстрого преодоления расстояний. Параллельно развивается искусственный интеллект (далее по тексту – ИИ), который оптимизирует множество рабочих процессов и играет важную роль в бизнесе. ИИ также решает задачи перевода, упрощая межкультурную коммуникацию и способствуя международному взаимодействию. Актуальность работы заключается в безграничных перспективах ИИ с точки зрения оптимизации бизнес-процессов в авиационной сфере.

Методология исследования включает в себя теоретический анализ, систематизацию, классификацию, интерпретацию, синтез и описательный метод.

Новизна работы состоит в том, что тема внедрения ИИ в бизнес-процессы авиационной отрасли, несмотря на свой неисчерпаемый потенциал, остается недостаточно разработанной.

Обзор научных публикаций подтверждает растущий интерес к ИИ в авиации. ИИ решает технологические задачи, повышая эффективность и безопасность. Он оптимизирует маршруты, прогнозирует состояние техники и автоматизирует управление полетами. Также ИИ улучшает обслуживание пассажиров, ускоряя обработку запросов.

Кроме того, одной из ключевых функций ИИ является его способность решать проблемы, связанные с переводом текстов на иностранный язык, что особенно важно в авиационной сфере, где взаимодействие с международными клиентами и партнерами происходит ежедневно. ИИ обеспечивает высокоточный и быстрый перевод, устраняя языковые барьеры и упрощая коммуникацию между пассажирами, сотрудниками авиакомпаний и представителями различных стран. Об оптимизации коммуникации между представителями разных наций высказались в своем учебном пособии А. Л. Золкин, Г. В. Рябова: «Естественный язык и компьютерное зрение, в свою очередь, открывают возможности для разработки интеллектуальных систем, способных анализировать и понимать естественный язык и визуальные данные». [1] Это способствует улучшению качества взаимодействия с клиентами, минимизировать ошибки человеческого восприятия и повысить уровень взаимопонимания между партнерами из разных стран.

Следует отметить, что ИИ может улучшить бизнес-процессы в авиации, анализируя воздушный трафик и загруженность аэропортов, что способствует эффективному распределению ресурсов. Камалов К.Ф. в своей работе высказывается об этом так: «ИИ представляет собой технологическое решение, основанное на алгоритмах обучения машин и способности компьютеров анализировать большие объемы данных» [2]. Также ИИ помогает персонализировать обслуживание пассажиров, улучшая взаимодействие компании с клиентами. Это влечет за собой к снижению издержек, повышению производственной эффективности и улучшению качества услуг. Об этом в своей работе упоминали

Е. А. Олейников и Т. С. Ваганов: «Система, использующая ИИ, может анализировать данные о предыдущих рейсах, текущей загруженности, метеорологических условиях и даже событиях в аэропорту, таких как неожиданные задержки» [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что данная тема действительно является актуальной, а результаты исследования внедрения ИИ в коммуникационные и бизнес-процессы способны открыть большие возможности к решению различных проблем, встающих на пути развития авиационной отрасли.

Список используемых источников:

1. Золкин А. Л. Технологии искусственного интеллекта при изучении английского языка: учебное пособие для вузов / А. Л. Золкин, Г. В. Рябова. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 120 с : ил. – Текст : непосредственный.

2. Камалов К.Ф. Анализ применения искусственного интеллекта в гражданской авиации. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 11 (68) Том 3. НОЯБРЬ 2023 г.

3. Олейников Е. А. Применение искусственного интеллекта в гражданской авиации / Е. А. Олейников, Т. С. Ваганов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2025. — № 3 (554). — С. 41-43.

Лингвистические особенности англоязычных текстов по интегрированию систем автоматизации рабочих процессов в авиации

Михайловский А.И., Шингарева Я.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования обусловлена большим интересом к авиационной сфере во всем мире и возрастающей ролью научно-технической литературы как способа обмена информацией.

Кроме того, следует заметить, что в лингвистической литературе отсутствуют работы, посвященные комплексному изучению лексико-грамматических особенностей текстов, связанных с интегрированием систем автоматизации рабочих процессов в авиации, что также подчеркивает актуальность исследования.

Целью настоящего исследования является всесторонний анализ языковых особенностей научно-технических текстов, а именно англоязычных научных текстов по интегрированию систем автоматизации рабочих процессов в авиации.

Исследование. Среди стилистических особенностей изучаемых текстов следует отметить последовательность повествования, ясность, точность, абстрактность, которые передаются с помощью разнообразных лексических, морфологических и синтаксических средств.

Одной из основных лексических черт анализируемых текстов является большое количество аббревиатур и акронимов, а также широкое использование терминологии, которая может быть, как односложной, так и состоять из нескольких составляющих.

При этом в научно-технических текстах значение одного и того же слова может варьироваться в зависимости от отрасли знания. Общелитературные английские слова часто употребляются в подобных текстах в специальном значении, для передачи специальных понятий в сфере авиации [1, с. 6].

Среди морфологических средств преобладают времена группы Present (главным образом, настоящее и будущее). Временные формы употребляются как в активном, так и в пассивном залоге. Частотны пассивные конструкции с различными модальными глаголами. Следует отметить также преобладание неличных форм глагола, таких как причастие настоящего и прошедшего времени, герундиальные формы и конструкции. Часто встречаются атрибутивные группы. Сложность нахождения эквивалента таких атрибутивных групп в переводящем языке обусловлена сложным характером подчинительных связей внутри словосочетания [2, с. 162].

В качестве синтаксических особенностей для данных текстов характерно употребление простых распространенных предложений, что в целом отражает тенденцию, свойственную

научно-техническим текстам. При этом, практически полностью отсутствуют вводные слова в тексте, что также является специфической чертой научного текста.

Вывод. Все вышеперечисленные лексические, морфологические и синтаксические средства могут не иметь прямых соответствий в языке перевода, вызывать трудности при переводе специализированных текстов, и требуют специальных профессиональных навыков переводчиков. Знание и владение этими средствами позволит чувствовать себя конкурентоспособным на международном рынке.

Список используемых источников:

1. Морозова М.А. Особенность технического перевода научных текстов авиационной тематики: учеб. пособие. – Ульяновск, 2005. – 27 с.

2. Власко Н.К. Особенности научно-технического текста на грамматическом уровне в курсе преподавания английского языка в неязыковом вузе // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3-2. – С. 159-161.

Лексико-грамматические особенности авиационных текстов на канадском английском языке

Ошкова В.А., Пырков И.М.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.
МАИ, Москва

Актуальность исследования. Канадский вариант английского языка представляет собой уникальное явление, возникшее под влиянием как британского, так и американского вариантов английского языка. С одной стороны, он сохраняет многие черты, унаследованные от колониального периода, с другой – активно адаптируется к современным условиям и культурным влияниям. Канадский английский также подвергся воздействию французского языка, что делает его особенно интересным для изучения. Наличие в канадском английском заимствований из французского языка и использование специфических лексических единиц подчеркивают его национально-культурное своеобразие. Эти отличительные черты требуют всестороннего изучения, обуславливая актуальность настоящего исследования. Анализ особенностей канадского варианта английского языка проводится в работе на примере текстов, связанных с авиацией.

Целью исследования является всесторонний анализ авиационных текстов на канадском английском языке и их лингвостилистических особенностей.

Исследование. В ходе анализа авиационных статей было выявлено, что канадцы часто используют более формальные конструкции, чем их американские коллеги. Например, в канадском английском предпочтение отдается использованию Present Perfect в случаях, когда американцы могут использовать Past Simple.

Структурные различия заключаются в том, что в канадском варианте английского языка will используется как основной вспомогательный глагол для образования будущего времени, в то время как shall также часто встречается в формальных контекстах. В отличие от новозеландского варианта, канадцы реже используют эмфатические конструкции с do, предпочитая более прямые выражения.

Синтаксис канадского английского обладает своими уникальными чертами. Например, в текстах можно наблюдать более строгий порядок слов и применение специфических лексических конструкций, которые отражают влияние как французского языка, так и местных диалектов. Это может проявляться в использовании определенных предлогов и артиклей.

Написание слов в канадском английском тяготеет к британскому варианту, например, colour, honour, centre. Однако в неформальной письменной речи допускается использование американских вариантов, таких как color и center. Исследование авиационных статей на канадском английском языке также выявило тенденцию к использованию слова airplane в соответствии с американскими нормами написания, однако при этом сохраняется предпочтение к терминам, принятым в британском английском.

Вывод. Таким образом, особенности канадского 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 различия находят свое проявление и в текстах авиационной тематики. Переводчику необходимо оперировать данными особенностями для точного перевода специализированных текстов.

Список используемых источников:

1. Лемко А.Е. Лексико-грамматические особенности канадского варианта английского языка // сборник научных статей XXXIII Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 43–47.

2. Баймуратова Э.М., Горбунова В.С., Историко-лингвистическая характеристика английского языка Канады // Молодой ученый. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2016. – С. 791-794.

Использование аббревиатур английского языка студентами авиационного вуза

Полухин А.А., Кушнир А.И.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В современном мире авиации, где точность и скорость передачи информации играют ключевую роль, использование аббревиатур становится неотъемлемой частью профессионального общения. Студенты авиационных вузов, готовясь к своей будущей карьере, сталкиваются с необходимостью освоения множества специализированных терминов и сокращений, которые активно используются в международной авиационной практике. Аббревиация активно используется в английском языке для создания сокращений и усеченных слов, являясь эффективным способом пополнения словарного состава языка. Кроме того, аббревиатуры не только упрощают коммуникацию, но и позволяют эффективно передавать сложные концепции и идеи, что особенно важно в условиях многоязычной среды. Кроме вышесказанного, при изучении литературы было выявлено, что ряд исследователей в своих работах отмечают особенности в построении аббревиатур и усечённых слов в авиационной лексике английского языка [1], выявляют формирование многокомпонентных терминов авиационной сферы [2], исследуют инновационные методы и технологии при обучении языкам [4], а также анализируют отношение студентов к изучению английского языка в техническом вузе [3].

Сегодня английский язык, как язык международного общения, имеет особую значимость, особенно в авиации. Студенты авиационных вузов сталкиваются с множеством специализированных терминов и сокращений, которые являются неотъемлемой частью профессионального общения и документации. Таким образом, исследование и использование аббревиатур бытового и технического английского языка студентами авиационного вуза является актуальным и необходимым для повышения уровня профессиональной подготовки будущих специалистов, а также для обеспечения безопасности и эффективному взаимодействию с международными коллегами для работы в авиационной отрасли.

Объектом исследования в данной работе является использование аббревиатур английского языка студентами авиационного вуза.

Предметом исследования в данной работе является процесс освоения аббревиации, сокращённых слов, распространённых в английском языке, а также их применение студентами авиационных вузов в контексте их учебной и профессиональной деятельности. В рамках исследования проанализировано, как студенты воспринимают, интерпретируют и используют аббревиатуры в различных ситуациях, связанных с авиацией, включая учебные материалы, профессиональные документы и коммуникацию с коллегами. Также будет рассмотрено влияние аббревиатур на понимание специализированной информации, а также на качество взаимодействия в многоязычной среде.

Полноценное владение иностранным языком, а также знание его сокращений, аббревиатур позволяет студентам рационально использовать своё время при переводе на практических занятиях, а также более детальной расшифровке и пониманию специфики работы в авиационной отрасли. Дополнительно можно использовать справочную литературу, которая способствует погружению студентов в мир новой лексики и словообразования. Понимая и учитывая большой объём таких источников и методической литературы для обучения студентов вуза, как правило, на практических занятиях рассматриваются наиболее часто встречающиеся случаи употребления сокращений. Таким образом, обучающимся приходится рассчитывать только на самостоятельный подход в изучении таких слов и их самообразование.

Список используемых источников:

1. Столбовская М.А. Аббревиатуры и усечённые слова в авиационной лексике английского языка // Филологические науки. Вопросы теории и практики, – 2018. – № 9-2 (87). – С. 387-391.
2. Чевалков В.В., Ширшикова Е.А. Многокомпонентные термины авиационной сферы в английском языке // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник», – 2022. – № 7. – С. 4146-4152.
3. Старчикова И.Ю., Мамонов И.М., Шакурова Е.С. Изучение иностранного языка в техническом вузе глазами студентов: анализ мнений // Перспективы науки и образования. 2020. № 2 (44). С. 98-109.
4. Шакурова Е.С., Старчикова И.Ю. Инновационные методы и технологии при обучении языкам // Инновации в образовании. 2023. № 2. С. 45-56.

Языковые аспекты текста немецких инструкций технических устройств и их передача на английский и русский языки

Редькина Е.Е.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Захарова А.Н.
МАИ, Москва

На сегодняшний день, несмотря на быстро меняющуюся политическую обстановку в мире, а также ускоренное социально-экономическое развитие России, импортное промышленное оборудование всё ещё не перестаёт использоваться как в промышленных целях, так и в целях проведения научных исследований, например, в инженерных лабораториях. В связи с этим необходимо иметь полное представление об оборудовании с целью введения его в эксплуатацию, наладки, использования, технического обслуживания и ремонта, для чего и предназначена инструкция по эксплуатации или техническому обслуживанию. Однако у инженеров могут возникнуть трудности в понимании текста инструкции, связанные с языковыми особенностями текста при переводе его с одного языка на другой. Данное исследование нацелено на выявление подобных особенностей, рассмотрение их с точки зрения языка во избежание неверного понимания специалистом текста инструкции и, следовательно, неправильной эксплуатации технического устройства.

Научная новизна работы заключается в обосновании необходимости применения определённых языковых аспектов в рамках инструкций технических устройств в исходном и переводном текстах.

В ходе работы были применены следующие методы исследования: сравнительно-сопоставительный анализ, гипотетико-дедуктивный метод, лингвистическое наблюдение и описательный метод.

Теоретическую базу составили труды таких учёных как Гарбовский Н.К. и Фёдоров А.В., посвящённые лингвистическим проблемам перевода, а также статьи современных учёных об особенностях перевода текстов инструкций и использовании в них различных переводческих трансформаций.

Практическая значимость исследования заключается в выявлении тех языковых аспектов в тексте немецкой инструкции, которые могут создать сложности и ошибки при её

переводе на английский и русский языки, а также в представлении авторского перевода фрагмента текста инструкции на русском языке.

Материалом исследования послужил фрагмент немецкой инструкции по техническому обслуживанию профессионального печатного оборудования модели «M270» компании «EOS GmbH». На данном материале исследования был проведён сравнительно-сопоставительный анализ лексических единиц и синтаксических конструкций на немецком и английском языках, в результате которого были выявлены основные языковые особенности текста немецкой инструкции, а именно: во-первых, использование в данной инструкции инфинитивов глаголов вместо формы вежливости с личным местоимением “Sie”. Например: „Maschine ausschalten“ вместо „Schalten Sie die Maschine aus“, „Pneumatik-Wartungseinheit demonstrieren“ вместо „Demonstrieren Sie Pneumatik-Wartungseinheit“. Во-вторых, отступление от правил употребления лигатуры „ß“. Согласно реформе немецкого правописания 1996 года в некоторых словах она заменяется удвоенной „ss“. Например, мы видим такое написание в тексте инструкции 2010 года: „Die Bedienerkonsole muß demontiert werden“ или „Die Anschlußleitungen der Sensoren...“. Использование инфинитивных конструкций, а также старых правил правописания, вероятно, имеет целью упрощение текста указаний с расчётом на то, что их адресатом будет подготовленный человек (специалист). В бытовых инструкциях напротив все грамматические правила соблюдаются, например, „Stellen Sie bitte...“, „Dieses Produkt muss...“. В-третьих, было отмечено использование нестандартных грамматических конструкций при использовании притяжательного падежа в переводе на английский язык, например „The tubes for control air for the pinch valves“. В-четвёртых, было отмечено необоснованное использование различных синонимов в ПЯ для обозначения одного и того же понятия ИЯ, например, „Montage“ в тексте немецкой инструкции переводится разными вариантами на английский язык: „Installation“ или „Mounting“, что демонстрирует усложнение понимания переводного текста вкуче с некорректным порядком слов: „Loosen first this screws“, „Dismount first the tubes...“.

В связи с этим можно сделать вывод о том, что при переводе текста инструкции необходимо учитывать языковые особенности как исходного языка, так и языка перевода во избежание появления неточностей и ошибок, которые могут повлечь за собой неправильную эксплуатацию и поломку технического оборудования.

Список используемых источников:

1. Ветрова, Э.С. Виды трансформаций при переводе научно-технических текстов с английского и немецкого языков на русский / Э.С. Ветрова, Д.Д. Диденко // *Studia Germanica, Romanica et Comparatistica*. – 2020. – Т. 16. №2 (48). – С. 108-117.
2. Гарбовский, Н.К. Теория перевода: учебник. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. – 544 с.
3. Гусарова, Ю.В. Немецкая инструкция по эксплуатации бытовых приборов как особый вид текста // *Карельский научный журнал*. – 2015. – №2 (11). – С. 7-9.
4. Захарова, А.Н. Совершенствование навыков чтения и перевода текстов авиационной тематики на немецком языке / А.Н. Захарова, М.Ю. Литвинова, А.А. Трубоченинова; – М.: Инфра-М, 2023. – 128 с.

Особенности перевода специальной лексики в авиационном техническом тексте

Рыжкова А.Д.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Курбакова С.Н.
МАИ, Москва

Анализ эмпирического и теоретического материала. Работа над переводами научно-популярных статей из открытых источников на авиационную тему позволила подтвердить верность научных подходов к подбору эквивалентов при переводе научно-популярного и научно-технического текстов и выявить следующие тенденции, а именно:

- термины в аэрокосмических текстах можно классифицировать по нескольким основаниям:

1) по области применения: технические термины (например, «турбина», «сопло», «топливный бак» – «turbine», «nozzle», «fuel tank»), научные термины (например, «гравитация», «атмосфера», «траектория» – «gravity», «atmosphere», «trajectory»), оперативные термины (например, «взлёт», «посадка», «стыковка» – «takeoff», «landing», «docking»);

2) по степени специализации: общепромышленные термины (например, «самолёт», «космос» – «airplane», «space») и узкоспециальные термины (например, «гироплатформа», «аэродинамический тормоз» – «gyro platform», «aerodynamic brake»);

- специальная лексика в аэрокосмической сфере характеризуется высокой степенью точности: каждый термин имеет строго определенное значение, что исключает возможность двусмысленности: например, термины «фюзеляж», «киль», «шасси» в русском языке и «fuselage», «keel», «landing gear» в английском языке имеют четкие определения, которые не допускают разночтений;

- международный характер терминологических единиц. Многие авиационные термины заимствованы из английского языка и используются в международной практике. Например, термины «пилот», «навигация», «аэропорт», «ракета», «орбита» в русском языке и «pilot», «navigation», «airport», «rocket», «orbit» в английском языке имеют англоязычное происхождение и используются практически во всех языках мира;

- заимствование терминов из других языков является естественным процессом, особенно в высокотехнологичных отраслях, где международное сотрудничество играет ключевую роль.

Список используемых источников:

1. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.

2. Лысенко С.В., Курбаков А.В., Плотников В.В. Английский язык радиосвязи в авиации. Учебник. – М., 2024. – 220 с.

3. Нелюбин Н.Н. Введение в технику перевода (когнитивный теоретико-прагматический аспект). – М., 2009. – 216 с.

4. Унгар Ю., Петит Д. Образование пузырьков воздуха при проникновении воздуха салона в гидросистему модуля МКС. Материалы 47 Международной конференции по экологическим системам. 16-20 июля 2017, Чарльстоун (Eugene K. Ungar, Donald R. Pettit. Bubble Growth from Permeation of Cabin Air into FEP Water Bladders Stowed on the International Space Station. 47th International Conference on Environmental Systems ICES-2017-208 16-20 July 2017, Charleston).

Анализ особенностей профессиональной коммуникации на МКС

Солобоева Н.В.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Изучение ключевых аспектов бизнес-общения в уникальных условиях МКС актуально для международного освоения космоса при интеграции инженерно-технических, социально-гуманитарных факторов с ведущей ролью иностранного языка (ИЯ).

Гипотеза: изучение студентами лингвистических и кросс-культурных особенностей бизнес-общения на МКС повысит эффективность подготовки будущих специалистов аэрокосмических отраслей.

Цели:

1) анализ лингвистических и кросс-культурных аспектов феномена профессионального межнационального взаимодействия на МКС;

2) изучение путей повышения эффективности коммуникации в уникальных условиях космоса;

3) разработка упражнений для студентов.

Изучив труды таких ученых, как Михеева Н. Ф., Дворянкина Н. А., Мартынова Н.А., Рюмин О.О., Бубеев Ю.А., Герберт Пол Грейс, требования Кодекса поведения экипажа МКС

и Меморандума о взаимопонимании НАСА, материалы сайтов roscosmos.ru, gctc.ru, imbp.ru, tsniimash.ru, energia.ru, spaceflight.nasa, iss.news, интервью космонавтов, авторы выделяют следующие аспекты кросс-культурного профессионального общения на МКС:

1. Лингвистические особенности:

а) овладение языковыми навыками, изучение узкоспециальной терминологии; формирование грамматических умений для работы с технической документацией и публикациями на ИЯ;

б) развитие речевых умений диалога для коммуникации на МКС, переговоров, интервью; обучение навыкам монолога для презентаций, заявлений [1].

Систематизированы языковые и речевые особенности бизнес-общения на МКС на ИЯ:

1) многоязычие для оптимизации коммуникации;

2) адаптация и кодовое языковое переключение – английские термины в русской речи и наоборот;

3) упрощение при внедрении русских слов в английские грамматические структуры для снижения ошибок;

4) калькирование английских выражений на русский;

5) Lingua Franca в профессиональной терминологии;

6) акцент и произношение. Выявлено, что на МКС возник такой языковой феномен, как Русинглиш, (Rusinglish) – русско-английский макаронизм, использование англицизмов для упрощения коммуникации [2].

Разработаны упражнения для студентов с целью повышения их языковых и речевых навыков по теме исследования: аудио-диктант «акцентов» (имитация переговоров с МКС; систематизация лексики МКС на базе поискового чтения документации НАСА; диалоги с англицизмами и Руинглишем; дебаты «Анализ данных с МКС», «Оптические системы на МКС», «Связь с МКС».

2. Кросс-культурные и социо-психологические особенности:

1) учет личностных, этнокультурных факторов экипажа;

2) исключение однозначных категоричных оценок;

3) снижение агрессии в напряженной ситуации космического полета;

4) уменьшение рисков психических расстройств от радиации;

5) снижение пагубного воздействия общения в малой группе [3].

Разработаны следующие упражнения: интерпретации невербальных сигналов на базе видео без звука для изучения искажения восприятия; моделирование конфликтной ситуации (этническая идентичность); разбор кейсов и разработка стратегии решения проблемы по кросс-культурной профессиональной коммуникации в космической отрасли (недопонимание на переговорах).

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Спецификой бизнес-коммуникации в космосе является ее международность, понимание законов которой необходимо как при работе на МКС, так и при подготовке в вузе будущих специалистов для аэрокосмоса.

2. На базе выявленных лингвистических и кросс-культурных особенностей бизнес-общения на МКС разработаны доступные по QR-коду упражнения на развитие лингвистических навыков, обучающие карточки и видеоматериалы для преодоления этнических стереотипов и предрассудков, для воспитания уважения к родной и иноязычной культурам.

Список используемых источников:

1. Михеева Н.Ф., Дворядкина Н.А. Профессионально ориентированное обучение английскому языку российских космонавтов в рамках подготовки к полету на борту Международной космической станции // Полилингвильность и транскультурные практики. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalno-orientirovannoe-obuchenie-angliyskomu-yazyku-rossiyskih-kosmonavtov-v-ramkah-podgotovki-k-poletu-na-bortu> (дата обращения: 13.01.2025).

2. Мартынова Н.А., Межкультурная коммуникация как особый вид общения // ОНВ. 2007. №2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhkulturnaya-kommunikatsiya-kak-osobyy-vid-obscheniya-1> (дата обращения: 21.01.2025).

3. Рюмин О.О., Бубеев Ю.А., Межпланетные пилотируемые экспедиции: особенности подготовки многонациональных экипажей // ВКС. 2021. №2 (107). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhplanetnye-pilotiruemye-ekspeditsii-osobennosti-podgotovki-mnogonatsionalnyh-ekipazhey> (дата обращения: 29.01.2025).

Характерные особенности авиационной терминосистемы в английском и немецком языках

Соломеин И.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Денисова О.И.

МАИ, Москва

Данная научная статья посвящена сравнительному анализу авиационной терминологии в английском и немецком языках с акцентом на специфические характеристики терминосистемы, связанной с авиатранспортом. Всего для анализа было взято около 50 терминов авиационной тематики, относящиеся к различным группам данной отрасли. Исследование основывается на анализе терминологических словарей технической направленности и современных научных статей в области авиации, что позволяет выявить особенности использования профессиональной лексики в обоих языках. Актуальность темы определяется необходимостью точной межъязыковой коммуникации в авиационной сфере, а также наличием параллельно функционирующей немецкоязычной терминологии на фоне доминирования английского языка в международной авиации. В ходе исследования были реализованы сравнительный анализ и методы корпусного лингвистического анализа, направленные на систематизацию и глубокое толкование собранных данных. Теоретическую основу работы составили ключевые работы таких ведущих отечественных терминоведов и лингвистов, как Н.С. Шарафутдинова, О.И. Денисова, И.Э. Коротаева и Л.А. Рогожина, а также современные научные публикации в сфере авиационной лингвистики. Особенностью исследования является его практическая ценность, заключающаяся в возможности разработки двуязычных авиационных словарей и значительного улучшения качества перевода специализированных текстов в области авиации. Материалом для анализа послужили различные терминологические словари и научные статьи, охватывающие современное состояние авиационной терминологии на английском и немецком языках.

Список используемых источников:

1. Немецко-русский синонимический словарь авиационных терминов / Н. С. Шарафутдинова. — Ульяновск: УлГТУ, 2016. — 196 с. Режим доступа: <https://lib.ulstu.ru/venec/2017/9.pdf>.

2. Девнина, Е.Н. Большой англо-русский и русско-английский авиационный словарь (Электронный ресурс) — М.: Издательство Живой язык, 2011. — 514 с.

3. Словарь терминов «A Glossary of Aviation terms and Abbreviations» (Электронный ресурс) <https://www.aerofiles.com/glossary.html>.

4. Lexikon der Luftfahrt 3., aktualisierte Auflage / Niels Klußmann Arnim Malik / Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012 — 329 p.

Эпонимы в IT-сфере

Старчиков А.С., Гутарова В.С.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В систему современных коммуникативных практик входит профессиональный компьютерный дискурс. Сегодня именно данный вид дискурса представляет собой актуальное направление исследования, которое привлекает внимание преподавателей, переводчиков, лингвистов, студентов из-за своего влияния, оказываемого на студенческую молодежь, увлеченную компьютерными технологиями. Кроме того, высшее образование по

направлению IT-технологиям в России имеет важное значение и составляет одну из главных образовательных целей в любом обществе мира.

Проблемы исследования компьютерного дискурса, бесспорно, сложны и часто касаются как «компьютерного дискурса», так и «электронного дискурса». Авторы разграничили данные понятия, поскольку эти термины имеют разнонаправленные функциональные особенности, связанные с каналом передачи информации и/или его содержанием.

Платом компьютерной технологии является лексика, которая постоянно развивается благодаря использованию новых терминологических единиц. Одним из таких способов образования является эпонимическое терминологическое образование, при котором фундамент новых терминов составляют имена собственные: антивирус Касперского, закон Пейджа, закон Вирта, Apple Lisa, Java (язык программирования), Kotlin (язык программирования), Pascal (язык программирования), Linux, Pandora, Morris worm и др.

В соответствии с определением «эпоним» в переводе с древнегреческого – «давший имя» (лат. *heros eponimus*), т.е. тот человек, от имени которого произошли нарицательные имена или другие имена.

Имена собственные позволяют отследить мифические (Kerberos, Chimera, Hermes, Argus), географические (Jakarta Project – программное обеспечение, Delphi – язык программирования, Genova – компьютерная программа, Marseille Prolog – язык программирования, Edinburgh Prolog – язык программирования, Yerk – язык программирования), социальные (антивирусные программы: Comodo AntiVirus, F-Secure AntiVirus, Graugon AntiVirus, Zillya! Антивирус), культурные и научные вопросы формирования и развития своей эпохи, а также ментальность и мировоззрение людей как участников данного дискурса (Moore's Law, Linux, Ada, Bayesian programming, Boolean data type, Huffman code, the Burrows – Wheeler transform, Lempel – Ziv – Welch (LZW), Pascal, Kaspersky Anti-Virus).

Существует серия исследований, заложивших основу для дальнейших исследований в данной области [1–4]. До сих пор к единому мнению исследователи не пришли и в современной лингвистике термин эпоним трактуется по-разному: ономасионный термин, эпонимный термин, онимичное терминологическое словосочетание, фамильный термин, а также персоним.

Цель статьи заключается в исследовании компьютерных терминологических единиц, образованных посредством эпонимов.

Материалом для исследования послужили эпонимные термины, выявленные методом сплошной выборки при работе с онлайн-словарем компьютерных терминов.

Данный терминологический массив составил около 3000 лексических единиц английского языка, при анализе которых было выявлено 101 наименование эпонимического происхождения.

Поскольку тема «Эпонимы в IT-дискурсе» недостаточна изучена, а также появление и расширения интереса к данной проблеме у молодого поколения присутствует, то она является свежей струей при изучении данного терминологического пласта лексики.

Таким образом, для современного студента изучение эпонимов в IT-сфере не просто развлечение, а проведение громадной работы по исследованию англоязычной терминологической системы.

Список используемых источников:

1. Галичкина, Е. Н. Специфика компьютерного дискурса на английском и русском языках (на материале жанра компьютерных конференций): автореф. дис. ... канд. филол. наук: 10.02.20 / Е. Н. Галичкина; Волгоград. гос. пед. ун-т. – Волгоград: ВГПУ, 2001. – 19 с.
2. Елагина Ю.С. Термины-эпонимы англоязычной терминологической системы профессионального компьютерного дискурса // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2021. № 8 (161). С. 140-145.
3. Старчиков А.С., Гутарова В.С., Старчикова И.Ю. Лексические трансформации при передаче текстов IT-сферы // Глобальный научный потенциал. 2024. № 1 (154). С. 202-204.

4. Шакурова Е.С., Старчикова И.Ю. Образовательная среда технического вуза как фактор формирования иноязычной и языковой компетенции будущих инженеров // Перспективы науки. 2020. № 4 (127). С. 131-133.

Анализ частотности употребления англицизмов в текстах авиационной тематики на испанском языке

Старых В.А.

Научный руководитель — Кокутина А.С.

МАИ, Москва

Англицизм – слово или оборот речи в каком-нибудь языке, заимствованные из английского языка или созданные по образцу английского слова или выражения [2]. Заимствование в свою очередь – это процесс полного или неполного копирования слова или выражения из одного языка в другой [3]. Английский язык, будучи глобальным и доминирующим, оказал влияние на формирование испанского языка. Если в обычную повседневную жизнь англицизмы смогли внедриться не до конца, то в технической сфере они закрепились прочно [4].

Актуальность данной работы заключается в необходимости изучения английских заимствований в испанском языке, а в частности в текстах авиационной тематики, для их последующего правильного перевода на русский язык во избежание ошибок.

Целями работы являются:

1) анализ частотности употребления англицизмов в текстах авиационной тематики на испанском языке;

2) начало работы над созданием словаря, в котором будут собраны наиболее употребляемые англицизмы, встречающиеся в подобных текстах.

Теоретической базой данного исследования являются работы И.В. Арнольд, Лаврентьевой А.А., Шмелевой А.Г., Ярцевой С.В.

Для исследования нами был выбран сайт “Manual de vuelo”. Проанализировав 55 статей, удалось выяснить, что англицизмы встречаются в 50 из них, то есть англицизмы встречаются в статьях аэрокосмической тематики в 90% случаев. На основе работ И.В. Арнольд в своем исследовании мы выделяем три группы англицизмов по степени ассимиляции (ассимиляция – это приспособление слов в фонетическом, грамматическом, семантическом и графическом отношении к системе принимающего их языка) [1]:

1) неассимилированные англицизмы – англицизмы, полностью сохранившие свою графику (downwash, winglets, sharklets, flaps, slats, spoilers, slipstream);

2) частично ассимилированные англицизмы – англицизмы, у которых изменилась исконная графика, но английское происхождение ещё заметно (atmósfera, barómetro, turbulencia, indicador, diámetro);

3) ассимилированные англицизмы – англицизмы, с которыми ассимиляция происходит с помощью суффиксов, окончаний, фонетической и орфографической адаптации слов (velocidad, aviación, aerodinámica, presión).

Рассмотрим предложения из статей авиационной тематики, которые были нами проанализированы в ходе работы над данным исследованием:

1) “Los flaps, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala, son los dispositivos hipersustentadores más comunes usados en aeroplanos”. В данном случае термин “flaps”, означающий «закрылки», полностью сохраняет свою графику, что свидетельствует об отсутствии ассимиляции.

2) “Empecemos por conocer algunas de las particularidades del medio en que el avión se desenvuelve: la atmósfera”. Термин «атмосфера» меняет свою графику с “atmosphere” в английском на “atmósfera” в испанском, но мы всё ещё видим сходство и можем определить английское происхождение, поэтому в данном случае можно говорить о частичной ассимиляции.

3) “Las unidades normalmente empleadas en aviación son hectopascales (1 hPa=10³ dinas/cm²) o pulgadas de mercurio (1” pulgada de mercurio equivale aprox. a 34 hectopascales, exactamente a 33,865), aunque es posible encontrar como unidad el milibar (mb) unidad equivalente al hectopascal (1 hPa = 1 mb)”. Здесь термин “авиация” имеет исходную английскую графику “aviation”, но в испанском языке под влиянием орфографических норм суффикс “tion” превращается в “ción” (“aviación”). То есть, в данном случае происходит приспособление заимствованного слова к нормам заимствующего языка, что непосредственно соответствует полной ассимиляции.

На основе анализа найденных англицизмов осуществляется разработка словаря терминов с наиболее употребляемыми словами и выражениями. Данный словарь может быть полезен студентам лингвистам-переводчикам на занятиях по Практическому курсу перевода второго иностранного языка (испанского).

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1) англицизмы часто употребляются в текстах авиационной тематики, что может вызвать затруднение у начинающего переводчика в аспекте правильной интерпретации термина и поиска эквивалента;

2) наличие вариативности англицизмов требует грамотного подхода к их переводу. Стоит уделять особое внимание терминологии авиационной тематики, так как она представляет собой узконаправленные единицы языка;

3) при разработке словаря акцент сделан на иллюстративность употребления заимствований в связи с узкоконтекстуальной направленностью терминов и соответствующий перевод.

Список используемых источников:

1. Арнольд И.В. Лексикология современного английского языка : учеб. пособие / И.В. Арнольд. – 2-е изд., перераб. – М. : ФЛИНТА : Наука, 2012. – 376 с.

2. Ожегов С. И. Словарь русского языка / под ред. Н. Ю. Шведовой. – 14 изд.-М.: Рус. яз., 1983. – 816 с.

3. Лаврентьева А.А., Шмелева А.Г. Англицизмы и их использование в качестве терминов на современном этапе развития русского языка // Успехи в химии и химической технологии. 2020. №10 (233).

4. Ярцева С.В. «Спанглиш»: с зарождения до наших дней. История и причины развития // Бюллетень науки и практики. 2022. №7.

Интеллект карты как эффективный инструмент обучения иностранному языку в авиационном вузе

Ступнев Р.С.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Интенсивное преобразование мира вокруг нас также влияет и на образовательную среду университета. В качестве инновационного способа изучения грамматики, лексики, запоминания сложного материала, структурирование новой темы или пересказа, брейншторминга, передачи информации, прояснения какого-то вопроса используются так называемые интеллект карты. Придумал их британский психолог Тони Бьюзен [1]. Интеллект карта – это естественное выражение того, как работает мозг человека, поскольку для ее составления необходимо задействовать память, ассоциативное мышление и творческий порыв [2].

В СФ МАИ в качестве инструмента работы с такими трудными грамматическими явлениями как «Perfect Tence», «Participle or Gerund», «Complex Object or Subject» и др. был предложен студентам метод составления визуализированных интеллект карт [3]. Этот метод предоставляет собой практически неограниченные возможности для объяснения сложных времен студентам. Для лучшего понимания темы можно разработать шаблон интеллект-карты, который сформирует у обучающегося наглядный вариант для запоминания и удержания в памяти требуемой для заучивания информации. У студентов происходит

визуальное моделирование нужного контента. Это ведет к структуризации, систематизации и обобщению материала. Любое грамматическое явление становится проще и доступнее для понимания и запоминания. В процессе обучения у студентов появляется мотивация к изучению новой темы, творческий процесс помогает интегрировать знания, что способствует активности последних на практических занятиях.

Хотелось бы подчеркнуть, что студенты положительно отнеслись к использованию на практических занятиях интеллект-карт. Был проведен социологический опрос у студентов старших курсов (200 респондентов), который показал, что после построения интеллект-карты обучающиеся стали лучше усваивать новые грамматические явления (65% респондентов). Однако, среди опрошенных было 15% студентов, кто проголосовал за традиционные методы обучения. Ряд студентов (20%) решили продолжить составление интеллект-карты и дополнили ее логическими связями, которые были уместны для подтверждения примерами данной грамматики.

Таким образом, интеллект-карты воспринимаются по-разному, но преимущества их очевидны за счет наглядного формата, который позволяет улучшить эффективность изучения грамматики, лексики [4], а также использовать в качестве важного инструмента при освоении других дисциплин учебного процесса.

Список используемых источников:

1. Бьюзен Тони. Карты памяти: уникальная методика запоминания информации/ Тони Бьюзен, Джо Годфри Вуд; [пер. с англ. О. Ю. Пановой] — М.: Росмэн, 2007 — 326 с.
2. Новикова В.П. Интеллект-карта как эффективный инструмент работы с художественным текстом. Вопросы психолингвистики. 2016 № 30. С. 156-163.
3. Старчиков С.С., Старчикова И.Ю. Особенности обучения иностранному языку в технических вузах. Инновации в образовании. 2023 № 9. С. 29-38.
4. Шакурова Е.С., Старчикова И.Ю. Инновационные методы и технологии при обучении языкам. Инновации в образовании. 2023 № 2. С. 45-56.

Опыт составления глоссария терминов и специальной лексики, используемых в «Руководстве по обслуживанию самолета Cessna 206»

Тыщенко П.А.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. Авиация внесла огромный вклад в развитие человечества и процесс глобализации. Данная индустрия проникла во все даже самые отдаленные уголки мира. Без летательных аппаратов представить человечество уже невозможно. Необходимость в переводе технических руководств в авиационной сфере также постоянно растет. Летательные аппараты нередко покупаются за рубежом, технические руководства пишутся на английском языке, принятым международным и единым языком в авиации. Но для обеспечения точной и корректной работы с техникой, для ее корректного обслуживания и эксплуатации необходимо перевести всю важную документацию. Авиационные технические руководства требуют высокой точности при переводе и профессионального понимания переводимого текста, так как даже малейшие неточности могут привести к техническим неисправностям, ущербу технике и техническому персоналу, а также представлять угрозу здоровью и жизни. Предметом исследования являются термины и специальная лексика, используемые в руководстве по эксплуатации самолета Cessna 206. При рассмотрении данной темы были использованы следующие методы: описательный, сравнительно-сопоставительный. Гипотеза. Авиационные технические руководства отличаются своими особенностями, которые важно учитывать при переводе. Отличительной особенностью является функционирование терминов и специальной лексики, систематизация которых в форме тематического глоссария сможет значительно способствовать качеству перевода. Анализ эмпирического и теоретического материала. Самолет Cessna 206 является однодвигательным легким самолетом. Данная модель является самой популярной в своем семействе и производится до сих пор. Cessna 206 очень популярная модель в России в сфере

частной гражданской авиации. В процессе изучения технического руководства по обслуживанию самолета Cessna 206 были выделены основные виды терминов и специальной лексики, свойственные всем техническим документам.

Первый вид, который можно выделить – общепотребительная авиационная лексика, например «fuselage», «engine», «airworthiness», «airframe», «skin». Такие термины легко встретить в любом тексте авиационной направленности, будь то техническая документация, научная статья, отчет и так далее, но именно поэтому она также является актуальной при составлении глоссария.

Второй вид – специальные технические термины, например «airplane maintenance records», «supplemental inspection», «autopilot rigging», «crack length», «instrument sensitivity». Такая лексика является более узкоспециальной и характерна для технических руководств и является основной целью изучения в данном исследовании.

Третий вид – аббревиатуры, например «CPCP», «SID», «PFD», «PSE», «NDI». Аббревиатуры активно используются в технических руководствах для сокращения текста от нагромождений словесных конструкций, а также применяются и в рабочем процессе, для ускорения коммуникации. Ввиду этого, аббревиатуры также представляют важную часть данного исследования. В глоссарии будут приведены расшифровки аббревиатур и их перевод. Глоссарий оформлен по выделенным трем разделам, в алфавитном порядке. Данный глоссарий будет полезен в процессе обучения студентов авиационных вузов, а также для практического применения работниками и организациями в сфере технического обслуживания воздушных судов.

Выводы. Авиация является очень важной технической отраслью, которая постоянно развивается и совершенствуется. Для обеспечения быстрой и четкой работы в сфере технического обслуживания воздушных судов важен грамотный перевод технической документации. Авиационные технические руководства имеют огромное количество специальных терминов и лексики, которые важно точно переводить на русский язык.

Список используемых источников:

1. Гринёв-Гриневич С.В. Терминоведение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.В. Гринёв-Гриневич. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
2. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.
3. Ковтун Е.В. Английская авиационная терминосистема: лингвистический и переводческий анализ // Язык и социальная динамика. Красноярск, 2013. С. 536-545.
4. Лысенко С.В., Курбаков А.В., Плотников В.В. Английский язык радиосвязи в авиации. Учебник. – М., 2024. – 220 с.

Роль терминологии в техническом тексте

Чуракова А.Д.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Работа над переводом научной статьи о воздушной системе модуля МКС позволила выявить ряд тенденций в функционировании терминов и специальной лексики в тексте, а именно:

1) по содержательной структуре выделяются узкоспециальные термины (traps, function, gas, time, cabin, crew, operations) и специальная лексика, которая может быть использована в разных технических контекстах (laboratory - основное значение связано с местом, где проводятся эксперименты и исследования, system - может означать объединение взаимосвязанных компонентов в различных сферах, поэтому и перевод будет зависеть от контекста);

2) по морфолого-семантической структуре выделяются термины-слова и термины-словосочетания;

3) термины-слова, в свою очередь, подразделяются на:

- непроизводные (module, condition, length, loop),

- производные (operation, crossover, dual, potentially),
- сложные (ambient pressure, specification, hydrophilic, multilayer),
- аббревиатуры (AGTA – Alternate Gas Trap Assemblies, GT – Gas Traps, ORU – Orbital Replacement Unit);

4) термины-словосочетания подразделяются на:

- двухкомпонентные (inner core, radial flow, hydrophobic tubes),
- трехкомпонентные (water vapor losses, current coolant losses, hydrophilic outer tubes),
- многокомпонентные (Internal Active Thermal Control System, United States Operating Segment, Gas Trap Plug Assemblies).

Для перевода важно представлять способы образования технических терминов.

В ходе анализа переводческих трудностей было выявлено большое количество терминов, образованных способом вторичной номинации: для обозначения научного понятия используется существующее в языке название. Способ вторичной номинации может базироваться на основе метафорических процессов, когда происходит переосмысление названий по сходству определенных характеристик, а также на основе метонимического переноса названия, например: контуры (loops) – от слова «контур» в контексте «контуры охлаждения» (cooling loops), «заглушки» (plug assemblies) – от слова «заглушать» в контексте «заглушки для газоуловителей» (gas trap plug assemblies).

Самый популярный способ образования терминов - аффиксальный: influx (приток) – приставка «in-», infused (поступить) – суффикс «-ed», supersaturated (перенасыщенная) – префикс «super-» и суффикс «-ed», hydrophilic (гидрофильные) – суффикс «-philic».

Широко используется синтаксический способ: coolant flow (поток охлаждающей жидкости) – сочетание существительного «coolant» и существительного «flow», ambient pressure (давление внешней среды) – сочетание прилагательного «ambient» и существительного «pressure», gas concentration (концентрация неконденсированного газа) – сочетание существительного «gas» и существительного «concentration».

Выделен морфологически-синтаксический способ, основанный на переходе слова из разряда одной части речи к другой, базирующийся на грамматико-лексическом переносе понятия. Например: nominal operations (штатная работа) – сочетание прилагательного «nominal» (штатная) и существительного «operations» (работа) – означает стандартный или обычный процесс протекания чего-либо, free gas (свободный газ) – словосочетание из прилагательного «free» (свободный) и существительного «gas» (газ) – относится к газу, который вышел из раствора.

Отмечен способ иноязычных заимствований: в большинстве случаев таковыми являются латинизмы, однако многие термины также перешли в русскую лексику из английского языка. Например, varor (пар) – латинское «varor», переводится как «пар» или «испарение», solubility (растворимость) – образовано от латинского «soluble» (растворимый) с добавлением суффикса -ity, который обозначает состояние или качество.

Список используемых источников:

1. Курбаков А.В., Курбакова С.Н. Основы технического перевода. Лексические темы: аэродинамика, устройство самолета, авиационные двигатели. Английский язык. Учебное пособие. – М., 2024. – 115 с.
2. Лысенко С.В., Курбаков А.В., Плотников В.В. Английский язык радиосвязи в авиации. Учебник. – М., 2024. – 220 с.
3. Нелюбин Н.Н. Ведение в технику перевода (когнитивный теоретико-прагматический аспект). – М., 2009. – 216 с.
4. Особенности перевода технических текстов: учебное пособие /Сост.: И.В. Марзоева, Г.З. Гилязиева. – Казань, 2018. – 133 с.

Направление №11 International session (in English)

Research on the YOLOv11 Improvement Algorithm Based on AFGCAttention

Han Dongyang

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Vasilyev F.V.

MAI, Moscow

Modern motorsport events require real-time object detection and accurate timing. Traditional radio frequency systems are accurate but expensive, lack flexibility, and do not provide visual data on vehicle positions. Deep learning-based object detection algorithms, like YOLO (You Only Look Once), offer a better solution with their "single-stage detection" architecture, making them ideal for real-time performance.

Racing detection faces unique challenges: high-speed cameras capture small targets that can be easily interfered with by the background. The speed of vehicles causes motion blur and deformation, while environmental factors like lighting changes and vehicle occlusion add complexity.

YOLOv11 improves detection efficiency with the C3k2 module and cross-stage feature fusion, but it still struggles with feature selection in complex scenes. Attention mechanisms, like AFGCAttention(Adaptive Fusion Gated Context Attention), can dynamically adjust feature weights, enhancing small target detection by adapting multi-scale context information through a gating mechanism. This research aims to create a high-precision, low-latency real-time racing detection and timing system.

The attention mechanism, which simulates human visual focus, is essential in improving object detection performance. Classic attention models include SE (Squeeze-and-Excitation), which generates channel weights through global pooling but ignores spatial correlations, and CBAM (Convolutional Block Attention Module), which combines channel and spatial attention, improving YOLOv5's mAP by 1.2% but increasing computation by 15%.

AFGCAttention enhances performance with three key mechanisms: it captures multi-scale context information through deformable convolutions, reduces computational complexity by 42% using axial depth convolutions, and dynamically balances local and global features with a learnable parameter α .

After adding this module to YOLOv11's backbone network, the improved model increased focus on key parts of the car, such as the rear wing and tires, by 27%, providing more discriminative feature input for subsequent detection heads.

YOLOv11's modular design enhances feature extraction and multi-scale fusion. Key components include the C3k2 module, which reduces computation by 35% while improving small target detection; the SPPF layer, which increases the receptive field to 25×25 pixels to reduce motion blur; and the C2PSA module, which improves small target recall by 12.7% through adaptive fusion paths.

However, traditional YOLOv11 faces issues with background interference and rigid multi-scale feature fusion. AFGCAttention addresses this with low computational overhead, axial depth convolutions, and deformable convolutions to capture multi-scale contextual information, while its dynamic gating mechanism suppresses irrelevant regions, making it ideal for racing detection.

In the improved configuration, the AFGCAttention module was added after the SPPF and C2PSA modules to optimize multi-scale fused features. The module's calculation process decomposes the input feature map into local and global features, applies axial convolutions to process local details, uses deformable convolutions to capture multi-scale context, and performs weighted fusion of local and global features.

Comparing the results of two training runs, the improved model showed faster convergence in both training and validation. The training loss and validation loss were significantly reduced, with a 25.6% and 38.0% decrease, respectively. Additionally, the improved model adopted a dynamic learning rate adjustment strategy, improving training efficiency.

Performance comparison showed a 0.2% increase in mAP50-95 and a 3.1% improvement in small target detection accuracy. Although inference speed decreased by 2.8% and the parameter count increased by 2.3%, the overall performance met real-time requirements. The confusion matrix analysis showed a 12% reduction in false detection rates and a 5.2% reduction in false negative rates. Detection accuracy for occluded parts of the race car improved by 27%.

The improved model showed significant performance improvements in several typical scenarios. For example, vehicle detection confidence at tunnel exits increased by 24%, the number of ID switchings in multi-car occlusion scenes decreased by 54%, and the recall rate of small targets increased from 81.2% to 89.5%.

Through algorithm improvement and system integration, the model's mAP50-95 increased by 0.2% (0.779 to 0.781), and the validation set loss dropped by 22% (from 1.157 to 0.717). In particular, the false detection rate decreased by 12% in occlusion scenes. Moreover, the model achieved real-time detection speeds of 138 FPS on the NVIDIA RTX 3050 (4GB) platform, with an average timing system delay of 7.2 ms, meeting the millisecond response requirements for racing events.

Development of a control system for Unmanned Ground Vehicles with inter-device communication and web-interface support

Huan Chen

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно Р.Р.

MAI, Moscow

The increasing frequency and intensity of forest fires have necessitated the development of advanced technologies for early detection and assessment of fire hazards. Unmanned Ground Vehicles (UGVs) equipped with multi-sensor systems offer a promising solution for exploring hazardous areas and providing real-time data on fire conditions. This paper presents a UGV control system based on the Raspberry Pi 4B, integrating ultrasonic sensors, infrared sensors, CSI cameras, MG995 servos, and TB6612FNG motor drivers. The system is designed to achieve four primary objectives: ultrasonic obstacle avoidance, infrared obstacle avoidance, automatic fire recognition, and remote control. By leveraging multi-sensor data fusion and intelligent control algorithms, the UGV can autonomously navigate through forest environments, detect fire hazards, and assess the scale of the fire. The system serves as a foundational model for deploying UGVs in forest fire exploration, providing a safe and efficient alternative to human intervention in dangerous scenarios.

The purpose of this system is to validate the effectiveness of a Raspberry Pi 4B-based UGV control system in forest fire exploration. By integrating ultrasonic and infrared sensors for obstacle avoidance, a CSI camera for fire recognition, and remote-control capabilities, the system aims to ensure safe navigation, accurate fire detection, and real-time data transmission. The system is designed to minimize human risk in fire exploration missions while providing critical information on fire size and location. The ultimate goal is to develop a robust framework for autonomous UGVs that can operate in complex and hazardous environments.

The system relies on a combination of geometric, kinematic, and computational algorithms to achieve its objectives. The ultrasonic and infrared sensors provide real-time distance measurements, which are used to detect obstacles and trigger avoidance maneuvers. The Euclidean distance formula is used to calculate the distance between the UGV and obstacles. If the distance falls below a predefined threshold (e.g., 50 cm for ultrasonic sensors and 30 cm for infrared sensors), the avoidance algorithm is activated.

For fire recognition, the CSI camera captures images, which are processed using OpenCV and machine learning algorithms. The fire detection algorithm analyzes the color spectrum and temperature distribution in the images to identify fire sources. The kinematic model of the UGV follows the recursive update where represents the UGV's position, is its velocity, and is the time step. This model ensures smooth navigation and accurate positioning during exploration.

The UGV control algorithm operates in a cyclical loop, with each iteration addressing a specific phase of the exploration process:

Obstacle Detection: continuously computes the distance to obstacles using ultrasonic and infrared sensors.

Avoidance Trigger: activates when the distance to an obstacle falls below the predefined threshold.

Path Planning: generates a new path to bypass the obstacle while maintaining the UGV's mission objectives.

Fire Recognition: analyzes images from the CSI camera to detect fire sources and assess fire size.

Remote Control: allows operators to override autonomous navigation and manually control the UGV if necessary.

Recovery: resumes the original exploration path once the obstacle or fire hazard is cleared.

Dynamic thresholds and hysteresis are used to prevent oscillations between states, ensuring smooth and stable operation.

The experimental results demonstrate that the UGV can effectively navigate through forest environments while avoiding obstacles and detecting fire hazards. The ultrasonic and infrared sensors provide reliable obstacle detection, with the UGV successfully bypassing obstacles when the distance falls below the predefined threshold. The CSI camera accurately identifies fire sources, and the system provides real-time data on fire size and location. The remote-control functionality allows operators to intervene when necessary, ensuring the UGV can adapt to unexpected challenges.

Significant path deviations occur when obstacles or fire hazards are detected, but the UGV gradually returns to its original path once the threat is cleared. The system's ability to autonomously navigate and assess fire conditions makes it a valuable tool for forest fire exploration.

The UGV control system presented in this paper demonstrates the feasibility of using Raspberry Pi 4B-based UGVs for forest fire exploration. By integrating ultrasonic and infrared sensors for obstacle avoidance, a CSI camera for fire recognition, and remote-control capabilities, the system provides a robust framework for autonomous exploration in hazardous environments. While the current implementation has limitations, it offers a solid foundation for future research and development in the field of unmanned ground vehicles for disaster response.

Список используемых источников:

1. Zhang, M., & Li, H. (2021). Design of a Raspberry Pi-based UGV control system for forest fire detection. *Journal of Intelligent Systems*, 10(3), 45-58.

2. Wang, L., Liu, J., & Chen, H. (2022). Multi-sensor data fusion for autonomous navigation in forest environments. *Autonomous Robots*, 15(4), 123-135.

Thermal Control System for Venus Lander

Sharma Joshita

Научный руководитель — Rudoi I.A.

MAI, Moscow

Study of Venus has remained to be of great interest for a long while, ranging from Planetary Science to Astrobiology, however the lack of long-term study of the planet has proved as a hinderance to the purpose. By the means of this works it is intended to create a design for a Thermal Control System for a Venus Lander that would be capable to endure and function for an extended period of time in the High Temperature and Pressure as well as the corrosive conditions of the Venutian environment.

Upon landing on the surface of Venus, a module is expected to face temperatures around 475°C (~748 K) with atmospheric pressure of around 9.2MPa. Thus, it is most imperative to maintain the temperature within the Payload Bay so as to allow the proper functioning of the electronic devices, which are generally expected to function until the temperature of 125°C (~398 K). This concept divides the task into two parts, initially before entering the payload bay, the heat flux entering the system should be minimised, for this purpose, few layers of insulations have to be placed for reduction of conductive as well as radiative flux. The outermost layer, which shall interact with the environment will remain to be Titanium to prevent corrosive reactions, beneath it placement of twenty layers of gold foil will be required to reduce the radiative heat flux, following

which would be a layer of vacuum, supported by Carbon-Carbon Composite layers on each side, as well as support rods between both, of the same material, this would minimise the conductive heat flux.

Once the heat flux is minimised, the temperature inside would be needed to be maintained, which shall allow comfortable functioning of the Equipment, for this purpose, the atmospheric Carbon Dioxide can be utilised, the pressure difference between the Venus Atmosphere and the payload cooling pipeline, which should be at 0.3MPa would allow rapid suction as well as cooling of this Carbon Dioxide, to prevent excess speed and energy loss, the intake can be divided into six stages, each with 1.77 pressure ratio, overall this would reduce the gas temperature to ~80 Celsius, which upon flowing through small channels beneath the insulating layers would absorb the already lowered heat flux, thus maintaining the temperature. Finally, to maintain a continuous gas flow and thus by, cooling, this carbon dioxide would need to be removed at the same rate as its intake, for this purpose, the mostly conserved energy can be passed through five stages of diffuser, each with a pressure ratio of 0.52, this would bring up the final pressure at the end of these stages to 7.59 MPa, a single stage centrifugal compressor, would use the pressure ratio of 1.24, to finally increase the pressure beyond the Venusian atmospheric pressure and thus eject the gas, ensuring a continuous flow and cooling.

Overall, this integration of insulation and active cooling would provide an approach for prolonged Venus's surface operations, enabling landers to sustain electronics and scientific equipment well beyond current mission lifespans.

Development of algorithms for controlling a moving object to find the shortest route

Tafira Prisca

Научный руководитель — Makarenkova N.A.

MAI, Moscow

Currently, one of the urgent tasks of industry and the private sector is the development of algorithms for finding the shortest routes through given points (the traveling salesman problem) for unmanned mobile platforms. These algorithms can be used to build routes for autonomous robots in warehouses of large enterprises or stores, search for routes for delivery robots in cities or rural areas. When building such algorithms, computer vision elements can be used to detect obstacles and recognize objects in the path of an unmanned mobile platform.

The aim of the work was to develop an algorithm for finding the optimal route based on the distance traveled through given points. When solving it, it was assumed that the points that the moving object must bypass are known in advance, and there is also a map of the area to assess possible trajectories and potential obstacles [1].

To study the area, you can conduct computer scanning, both using modern sensors (rangefinders, infrared sensors) installed on the mobile platform itself, and using images of the area obtained from aircraft or satellites [2].

One possible option for creating such an algorithm is to use the branch and bound method. The branch and bound method is a search algorithm that calculates the optimal solution to an optimization problem (such as the shortest path). Graphically, the enumeration of possible solutions in this method can be represented as a connected graph that does not contain cycles. For example, for the traveling salesman problem, the vertices of the graph can be the route points that the moving platform needs to go around. The weights for the edges of the graph in this case can be the estimates of the route between two points on the ground (for example, the distance that the moving platform will travel when moving from one point to another). Mathematically, a connected graph can be represented as a matrix whose elements are the distances between the points.

The essence of the branch and bound method is that all vertices of the graph are evaluated, and the route is built from the vertex that receives the best estimate. It works by systematically searching for potential solutions and cutting off (discarding) unpromising paths to prevent useless calculations. The algorithm tracks the total accumulated value of the route estimate at each iteration. The algorithm branches, exploring all points that have not yet been visited (locations) and

calculates a new distance for the next potential location. The algorithm estimates the minimum distance to traverse the contour and compares it with the current best solution. If the distance of the estimated path is greater than the current best solution, it is ignored. This reduces the number of potential paths. If the distance of the estimated path is the minimum of those found, it is set as the new best solution. Computer vision will allow dynamically updating the distance between vertices [3] by analyzing obstacles that arise along the path of the moving platform, as a result of which the branch and bound method can cut off impossible and unpromising routes earlier. This will allow for effective control of the unmanned mobile platform along the calculated shortest path, subsequently transmitting commands to the motors or actuators. The efficiency of the proposed control algorithms is confirmed by modeling situations for different numbers of initial points with different coordinates.

Список используемых источников:

1. Louis G. Birta Gilbert Arbez. Modelling and Simulation. Exploring Dynamic System Behaviour. 2007 Springer London Heidelberg New York Dordrech 448 p. 110-Modelling-and-Simulation-Dynamic-System-Behaviour-Louis-G.-Birta-Gilbert-Arbez-Edisi-2-2013.pdf.
2. U. Narayan Bhat. An Introduction to Queueing Theory. Modeling and Analysis in Applications. 2015. Springer Boston MA Heidelberg New York Dordrecht London 335p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-8176-8421-1>.
3. Jack P.C. Kleijnen. Design and Analysis of Simulation Experiments. 2015 Springer Science + Business Media, LLC, 233 Spring Street, New YORK, NY10013, USA) 332p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-71813-2>.

Adaptive control system for a painting robot using computer vision with automatically object detection

Wei Wenwen

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Vasilyev F.V.
MAI, Moscow

In this paper, an adaptive control system based on computer vision is proposed for a 6-degree-of-freedom drawing robot, aiming at realizing high-precision drawing operation through automatic target detection and trajectory planning. The system combines kinematic analysis, dynamics modeling and adaptive control algorithms to complete the robotic arm modeling and control design in Simulink environment. Experimental validation shows that the system can effectively improve the trajectory tracking accuracy and dynamic stability, providing a reliable solution for robotic painting in complex scenes.

With the rapid development of intelligent manufacturing and robotics technology, painting robots gradually show their application potential in industry, art creation and other fields. However, traditional robot systems still have limitations in complex target detection, dynamic trajectory adjustment and adaptive control. This study focuses on the following objectives:

Designing a 6-degree-of-freedom robotic arm, modeling it on software, learning the motion process of the arm, and optimizing its kinematic and dynamic characteristics;

Developing automatic target detection algorithms based on computer vision to realize real-time target localization;

Designing an adaptive control system and building the control system on the Simulink platform, conducting joint simulation with v-rep to verify its dynamic response and robustness.

The first step is the arm design and kinematic analysis, in which the structural design of the arm adopts the modular design concept to determine the joint parameters and coordinate system of the 6-degree-of-freedom arm. The rotary joint realizes the three-dimensional spatial positioning from the base to the end, and the pitch joint adjusts the attitude of the end-effector to adapt to the complex painting angle.

Next is about the kinematic modeling of the robotic arm, in which the forward kinematics is based on the D-H parametric method, which establishes the mapping relationship between the joint angles and the end position. When the joint angle is $[0, \pi/5, 0, \pi/3, \pi/3, \pi]$, the end position is verified

by Matlab computation, and the end position is verified by Matlab computation with less error. The most commonly used method for inverse solving the robotic arm is the analytical method, which has a complex and computationally intensive inverse solution calculation process. First, the final expression of the arm is determined and then it is multiplied by the inverse of the cartesian transformation matrix for each joint separately.

Finally, trajectory planning and control system design: where trajectory generation is based on the fifth-degree polynomial interpolation method to plan the smooth motion trajectory of the robotic arm. The continuity of the trajectory (no sudden change in velocity and acceleration) is verified by recording the change in angle of each joint over time. The adaptive control framework is to construct a layered control system in Simulink: the upper layer is a computer vision-based target detection module for real-time recognition of the contour of the drawn object; the middle layer is a trajectory planner to generate the reference trajectory, combined with the inverse kinematics to solve the target angle of the joints; and the bottom layer is to use the PID adaptive control, which is used to compensate for the external perturbation through the Lagrangian dynamics equations to improve the tracking accuracy.

Then the dynamics modeling uses the Lagrangian method to derive the dynamics equations of the robotic arm, considering the joint friction and load inertia.

Finally, the experimental results and analysis, the simulation experiments are carried out in Simulink environment, the static accuracy test shows that the end-effector positioning error is small, which meets the demand of high-precision paint spraying, and the dynamic response test shows that the adaptive controller reduces the trajectory tracking error when there is a sudden change in the load). The final robustness validation found that the target detection module can still maintain high recognition accuracy when the light changes.

In this paper, a painting robot system based on adaptive control has been successfully designed and validated, and its core contributions include: proposing a control architecture that integrates visual detection and dynamics compensation; realizing high-precision trajectory tracking of a 6-degree-of-freedom robotic arm; and validating the system robustness through Simulink simulation.

Future work will focus on simulink combined with v-rep for simulation and building complex scenes for adaptive optimization to further enhance the industrial application value of the system.

Список используемых источников:

1. LaValle, S. M. "Planning Algorithms", Cambridge University Press, 2006, 104p.
2. L. E. Kavraki and S. M. LaValle, "Motion Planning," in Handbook of Robotics, Springer, 2016, 131 p.
3. Reza N. Jazar «Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control»; Springe Science+Business Media, LLC, 2007, 827 p.

A Genetic Algorithm for Optimal Distribution of Passengers and Cargoes Inside the Civil Passenger Aircraft

Yan Xutong

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Smirnov V.Y.

MAI, Moscow

This research focuses on optimizing civil passenger aircraft (CPA) weight distribution. By leveraging genetic algorithms, it aims to solve the passenger-cargo distribution issue, enhance flight stability, and offer insights for future studies and practical applications.

The weight distribution of a CPA has a direct impact on flight safety and stability. Unreasonable distribution can cause the center of gravity to deviate from the ideal position, increasing flight risks. This study utilizes genetic algorithms to achieve the optimal CPA weight distribution in 3D space, obtain the best center-of-gravity position, and enhance flight stability.

Key initial parameters are set for optimization. These include 3D coordinates of all load points, passenger details (weight, height), cargo information (dimensions, weight, center-of-gravity offset), and genetic - algorithm-related parameters (offspring number, population size), which impact the algorithm's performance.

An ideal center-of-gravity point serves as the 3D coordinate origin. Coordinates of load points are measured, and factors like passenger height and cargo center-of-gravity offset are factored in to create an accurate model.

Passengers and cargo are encoded into chromosomes, each representing a distribution plan. The population is initialized, constraints are set, and a fitness function evaluates individuals. Genetic operators (selection, crossover, mutation) drive the population towards the optimal solution.

The core of the mathematical model lies in the fitness function, which is a key indicator for evaluating the quality of individuals in the population. To construct the fitness function, this research uses the distance formula between two points and the formula for calculating the total center-of-gravity position in 3D space. By calculating the distance between the ideal center-of-gravity position and the center-of-gravity position of the load and normalizing this distance, the fitness value is mapped to a reasonable range, enabling the fitness function to accurately reflect the quality of individuals and providing a reliable basis for the selection operation of the genetic algorithm.

Real-valued encoding is judiciously adopted in this research. The chromosome architecture is intricately designed with meticulous attention to detail, while the semantic interpretations of genes are precisely delineated to ensure clarity and consistency. Stringent constraints are imposed to govern the solution space, thereby guiding the evolutionary process towards feasible and optimal solutions.

The hybrid selection is used in this research. The hybrid selection operator consists of roulette wheel selection, truncated selection, and elite selection [1]. The partially mapped crossover operator is meticulously chosen to align with the corresponding characteristics of passenger-cargo distribution within CPA. This operator facilitates the exchange of genetic material between parent chromosomes in a manner that preserves the integrity of the problem-specific constraints. Additionally, the swap mutation operator is also employed.

The proposed algorithm is implemented using the Python programming language, leveraging the *geatpy* library for the efficient execution of genetic algorithm operations. Furthermore, the *matplotlib* and *PyQt* libraries are harnessed to develop a sophisticated graphical user interface that provides users with a visual and interactive means of monitoring the load configurations and the dynamic changes in the center-of-gravity position.

A comprehensive evaluation and analysis have been conducted to validate the efficacy of the proposed methodology. The results demonstrate that the final population, characterized by high fitness values, successfully achieves an optimal distribution of passengers and cargo within the CPA. The center of gravity of the aircraft is close to the ideal position and satisfies the constraints.

In the future, the scope of this research will be expanded to encompass a broader spectrum of CPA types, aiming to enhance the generalizability of the proposed methodology. Additionally, the passenger selection function will be enriched by incorporating a more comprehensive set of practical factors, such as passenger preferences, special requirements, and seating arrangements, to further improve the applicability and relevance of the research findings in real-world scenarios.

This research has successfully used genetic algorithms to optimize CPA weight distribution. By constructing a reasonable mathematical model, designing an effective algorithm model, and implementing system development with the help of programming tools, the problem of aircraft passenger and cargo distribution has been effectively solved. The research results show that genetic algorithms have significant advantages in the field of CPA weight distribution optimization, which can improve flight stability and solve other applied problems.

Список используемых источников:

1. Kos O.I., Smirnov V.Yu. Optimal Replacement of System Elements Using a Genetic Algorithm. *Journal of Computer and Systems Sciences International. Optimal Control*. Springer Nature. Pleiades Publishing. Volume 61(5). – 2022. – pp. 793–804.

Modeling Algorithms of Unmanned Aerial Vehicle Collision Avoidance System in Automatically Controlled Flight

Yang Yanjun

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Koshelev B.V.

MAI, Moscow

The rapid spread of unmanned aerial vehicles (UAVs) has increased the need for reliable UAV collision avoidance systems in the air. The basis of such a system is an on-board computer with specialized software that receives information about the surrounding air traffic from on-board and ground surveillance equipment, identifies potential conflicts and generates commands for evasive maneuvers if necessary.

These systems use onboard computers and software to process sensor data, detect conflicts, and execute evasive maneuvers. Evasive actions must maintain airspace safety, avoid secondary conflicts, comply with regulations, and enable UAVs to resume original routes post-conflict. Simulation modeling optimizes algorithm development by testing system performance across diverse scenarios.

This work develops and test the UAV collision avoidance algorithms via simulations, testing trajectory rescheduling, speed control, and real-time decisions to ensure safe navigation with minimal deviations.

The simulation model uses a combination of geometric, kinematic, and computational algorithms to construct collision avoidance maneuvers. Bezier curves play a central role in trajectory interpolation, providing smooth and safe avoidance paths. The control points for constructing Bezier curves are calculated based on the relative positions and speed of UAV, which makes it possible to avoid a collision with an intruder while maintaining operational flight limitations. Collision detection uses Euclidean distance formula to calculate the distance between two UAVs in real time. If the distance falls below a critical threshold (for example, 200 meters), the algorithm activates the evasive maneuver. The kinematic model uses the recursive update of $P(t+1) = P(t) + v \cdot \Delta t$ to simulate the change of position, velocity and acceleration of UAV with time. The algorithm for determining the distance from a point to a segment is used in trajectory reconstruction, using vector projections to determine the nearest safe point on the original trajectory. This approach minimizes computational costs, ensuring a smooth return to the planned flight path.

The collision avoidance algorithm works in a cyclical manner, with each iteration focusing on a specific phase of the collision avoidance process:

Potential conflict detection: the distance between drones and the time before a possible collision are continuously calculated and checked against given limitations; trajectory planning: creation of a cubic Bezier curve bypassing the intruder; collision avoidance trigger: activation of an evasive maneuver when the distance becomes less than 200 meters (for example); trajectory tracking: guiding the drone along an evasive trajectory with adaptive speed control; return to the initially given trajectory: resuming the original trajectory after the threat of collision has been eliminated. Dynamic thresholds and hysteresis prevent fluctuations between states.

UAV are considered as point objects with states determined by the position, speed, and coordinates of the target. The main UAV switches between two modes of behavior: normal navigation (moving along the given route) and evasion mode (tracking the Bezier trajectory). The intruder drone is moving along a rectilinear trajectory, which is a predictable but potentially dangerous trajectory. The risk of collision is minimized by using a 200-meter radius safety zone, which represents the minimum allowable distance between drones. When restoring the trajectory, geometric projections are used to ensure the continuity of the trajectory of evasion from the target and the original flight plan, which allows you to preserve the flight objectives of the UAV while maintaining safety.

The test results show that the trajectory planned by the own drone is a straight line from start to finish until the danger of a collision is detected. When the distance between the two UAV is less than 200 m, the own drone switches to a collision avoidance trajectory. The collision avoidance trajectory deviated in the direction of the intruder drone by about 200-300 meters from the X-axis of the conditional map.

Further development of these algorithms implies the development of a model of evasive maneuvers in three-dimensional space, the inclusion of high-speed obstacles for proactive avoidance, and the integration of reinforcement learning for adaptive threshold adjustment.

The algorithm of the collision avoidance system for UAV presented in this article demonstrates the possibility of collision avoidance in real time using Bezier curves, adaptive flight speed control and dynamic trajectory planning. Although the current implementation of the algorithm has some limitations, it provides a solid foundation for future research and development.

Список используемых источников:

1. Mattei, A., et al. Unmanned Aerial Vehicles Flight Safety Improvement Using In-Flight Awareness. *Intelligent Information Management*, 13, 2021, pp. 97-123.

Control System for Solar Module of Mobile Object

Yao Lei

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Busurin V.I.

MAI, Moscow

The efficiency of solar energy conversion remains a key area of research. This paper presents the development of a control system for solar modules based on mobile objects, aimed at maximizing solar energy capture through automated tracking and control mechanisms. The system utilizes solar sensors, microcontrollers, stepper motors, and advanced algorithms to ensure optimal orientation of solar module relative to the sun's position.

The main objective of this research is to improve the efficiency of solar energy conversion by developing an automated control system capable of adjusting the orientation of solar modules in real time and developing a novel pyramid-shaped solar sensor.

The system structure consists of: solar module, solar sensor, microcontroller, stepper motor drivers, stepper motors, shaft, power supply, charging unit, unmanned vehicle.

The control system operates according to the real-time sun tracking principle. The pyramid-shaped solar sensor in the system contains four photodiodes. According to Fresnel's principle and formulas, we can calculate the transmittance and the solar energy converted by each photodiode. When the photodiode receives transmitted solar power, which depends on by incident angle, it generates photocurrent. It is converted into a voltage signal by the current-to-voltage converter. The voltage signal is directly related to the incidence angle of sunlight on each photodiode surface. When the light incidents vertically, the voltage signal value is the largest. When the light incidents horizontally, the voltage value is zero. The z-axis is perpendicular to the plane of the solar module based on unmanned vehicle. The x-axis is longitudinal axis of the solar module, and the y-axis is the transverse axis of the solar module. First and second stepper motors rotate the solar module in the x- and y-directions respectively, ensuring that a difference of the current signals of the two photodiodes in each direction is very small. This ensures solar module captures the maximum solar energy at all times.

The algorithm for the control system is designed to ensure that the solar module is always oriented perpendicular to the sun's rays. There are three main steps:

1) Signal Acquisition – the solar sensors measure the intensity of sunlight and send voltage signals to the microcontroller;

2) Signal Comparison – the microcontroller compares the voltage signals from the four photodiodes; if the voltages from the photodiodes of the same axis are not equal, the microcontroller determines the direction in which the panel needs to rotate;

3) Motor Control – the microcontroller sends control signals to the stepper motors to adjust the module's orientation; the motors rotate the module until the voltages from the photodiodes are near equal, indicating that the panel is almost perpendicular to the sun's rays. This feedback loop system continuously monitors the voltage signals from the sensors and adjusts the module's orientation as needed to maintain optimal energy capture.

This research investigates the impact of varying sensor clamping angles and solar panel incidence angles on the photodiode's effective reception area, optical transmission efficiency, and output characteristics. The control system activation threshold has been defined at level of 98% of maximum solar energy reception, what corresponds to 11 degrees of no perpendicularity of solar

module to the sun rays. When received energy reaches the critical level the feedback system is activated. The research modeling shows that the pyramidal solar sensor with 40-degree angle demonstrates superior angular response. The simulation results of the system show that when the incidence angle for the solar module is 50 degrees the control system can realize the operation in 2.0 s.

Aircraft landing prediction system in thunderstorm conditions

Yinong Shao

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Kirillov V.Y.

MAI, Moscow

In recent years, the scale of global air transport has continued to expand, and the frequency of flight takeoffs and landings has increased significantly. However, during the takeoff and landing phase, severe convection, lightning, wind shear and other hazards brought by thunderstorms seriously threaten flight safety. Existing monitoring and navigation technologies have limitations, making it difficult to accurately predict landing conditions, and a high-precision aircraft landing prediction system is urgently needed.

The purpose of the graduation project is the development of a comprehensive understanding of the interaction between lightning strikes, aircraft structures, determining the safe distance between the flight path and the thundercloud.

Study the electrostatic conditions before thunderstorms through reference materials and calculate the electrostatic field strength, as a special case of a spherical capacitor, we consider a thunderstorm cloud that is spherical with a radius R Inside the cloud, solid dielectric particles with a radius of r_0 are distributed at a concentrated volume density of N_0 Each of these particles acquires a negative charge of q_0 .

The paper uses mathematical tools to study the physical parameters of thunderstorm weather when the aircraft is in thunderstorm conditions. The characteristics of thunderstorm clouds include: total accumulated charge; overall potential; electrical energy, which is stored in various components including capacitors, batteries, etc.; dielectric layers in the atmospheric electrical system and dielectric layers between electrodes and tiny electrode parts; pulse currents in strong ionization channels. Understanding these characteristics is important for predicting the potential threat of thunderstorm clouds to ground objects and aircraft measuring instruments, and can also predict the conditions of thunderstorm clouds in the earth body of the study area and expand knowledge.

Study the impact of electromagnetic fields on aircraft, simulate the impact of lightning, and analyze the safe path of aircraft. The article discusses in depth three extreme landing routes.

One is to fly along the semicircular boundary and use coordinate and tangent equations to determine the trajectory, When the electric field distribution of a thunderstorm cloud shows a tendency to spread outward from a certain point as the center, and the electric field strength in the semicircular boundary area is relatively low, it is suitable to choose to fly along the semicircular boundary. This method can enable the aircraft to avoid dangerous high electric field areas to the greatest extent.

The second is to fly along the border of the rectangular frame and maintain a safe distance throughout the process; If the electric field intensity of a thunderstorm at an airport is very high, the aircraft should circle overhead until the electric field intensity of the thunderstorm drops below the safety threshold and specific flight conditions are met, and then choose a suitable landing route.

The third is to cut in obliquely and calculate the maximum angle through geometric relationships. This route is suitable for situations where it is necessary to quickly cross a small thunderstorm area and other conventional routes cannot meet safety and time requirements. For example, when a thunderstorm is about to dissipate but there is still a certain intensity of electric field.

During actual landing, aircraft performance, weather conditions and safety regulations must all be considered. Only by comprehensively weighing these and optimizing the extreme route can a safe and reliable landing plan be obtained.

Список используемых источников:

1. Fisher, J., Hoole, P. R. P., Pirapaharan, K., & Hoole, S. R. H. "In Lightning Engineering: Physics, Computer-Based Test-Bed, Protection of Ground and Airborne Systems" , Germany Springer Publishing , 2022, 301 p.

2. Pavlov, I. V., and D. V. Petrenko. "Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics", vol. 258, the United Kingdom Elsevier Publishing , 2024 , 11 p.

3. Tooley, M. "Aircraft Electrical and Electronic Systems: Principles, Maintenance and Operation", the United Kingdom Routledge Publishing , 2018 , 434 p.

Associated control system for the longitudinal motion of the aircraft

Du Dongming

Научный руководитель — к.т.н. Marenkova N.A.

MAI, Moscow

Modern aircraft autopilot systems need to coordinate multiple control channels to achieve precise trajectory tracking. Previous research mainly analyzed altitude stability and speed control as independent subsystems, but the complex interactions produced after integration would reduce performance [1]. To this end, we introduced servo dynamics and sensor delay into the existing model to simulate real-time transient behavior. This study fills the gap between theoretical models and actual control system design.

This system integrates three key subsystems:

1) Altitude Control Module: a proportional-integral regulator is used to adjust the elevator deflection through a pressure altimeter feedback [2].

2) Speed Control Module: engine thrust is regulated through a second-order transfer function to simulate the dynamic delay and saturation effects of the actuator.

3) Servo Actuator Module: the model includes integrator saturation and rate limiting, replicating the nonlinear characteristics of actual control surface motion [3].

This study focuses on the design of an integrated longitudinal motion control system for aircraft, combining altitude stability, speed regulation, and actuator dynamics analysis. By using a mathematical model based on linearized differential equations, the interactions between slow trajectory variables (speed, path angle) and fast angular variables (pitch rate, attack angle) are captured [3], and transient response and system stability are analyzed. Dynamic system parameters derived from flight data quantify aerodynamic forces and moments, allowing for precise calibration of control responses. Previous research has mainly focused on isolated subsystems, while our integrated approach reveals the key contradiction between fast angular dynamics and slow trajectory adjustment. These findings highlight the necessity of subsystem decomposition and adaptive parameter tuning in autopilot design.

Список используемых источников:

1. Birta, L.G., Arbez, G. (2007). Modelling and Simulation: Exploring Dynamic System Behaviour. Springer.

2. Bhat, U.N. (2015). An Introduction to Queueing Theory: Modeling and Analysis in Applications. Springer.

3. Kleijnen, J.P.C. (2015). Design and Analysis of Simulation Experiments. Springer.

Circular Economy in Aerospace Industry: Principles and Implementations

Лапишвили К.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

The implementation of Circular Economy (CE) principles in the aviation and aerospace industry is becoming an important step towards sustainable development and minimizing negative environmental impacts. The relevance of this approach is due to the significant volume of waste produced in these high-tech sectors and the need to optimize resource use. Transitioning from a linear model, based on the principles of "take-make-dispose", to a circular model that emphasizes reducing consumption, recycling, and reusing resources not only helps reduce waste but also enhances economic efficiency.

The author has conducted an analysis of strategies aimed at reducing the negative environmental impact of the aviation and aerospace sectors.

One of the primary strategies for reducing the carbon footprint is the introduction of Sustainable Aviation Fuels (SAF). An example of SAF is 1,4-dimethylcyclooctane (DMCO). The production process of DMCO utilizes Carbon Capture and Storage (CCS) technology, which significantly reduces carbon dioxide emissions. Without CCS, emissions are around 36 g CO₂ equivalent per MJ of DMCO, while with CCS, they drop to about 5 g.

A successful example of integrating CE principles into waste management in the aviation sector is the program implemented by Airbus for recycling old aircraft. This program enables the recovery of materials from retired aircraft, allowing them to be reused in the manufacturing of new ones. The specialized company Tarmac Aerosave, which focuses on the storage and recycling of aircraft, ensures that up to 92% of the total weight of an aircraft is recycled, particularly materials such as aluminum, steel, and titanium.

In the aerospace industry, the implementation of the "reuse" principle involves transitioning to Reusable Launch Vehicle (RLV) systems. An example of an RLV is the reusable two-stage Falcon 9 rocket. The reuse of the first stage helps conserve resources for rocket production and reduces the volume of waste generated during its launch.

The implementation of CE principles in the aviation sector requires not only changes in production processes but also a rethinking of the traditional aircraft sales model. In the new "aircraft-as-a-service" model, the manufacturer takes responsibility for the entire life cycle of the aircraft, including its maintenance, repair, and disposal. This approach enables the maximization of material and resource efficiency, reduction of emissions, and ensures a more sustainable development of the aviation industry.

Список используемых источников:

1. Domone, J., Bliss, P., Copus, M., 2021. "A Circular Economy for Civil Aerospace".
2. Hisan, H., Yusof, K. H., Arshad, A., 2024. "A systematic review of circular economy adoption in the aviation industry".
3. Mane, S., 2024. "Overview on Reusable Space Launch System".
4. Reike, D., Vermeulen, W., Witjes, S., 2018. "The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? – exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options".

Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур)

Разработка программного обеспечения для отдела хозяйственного и инженерно-технического обеспечения вуза

Абдухаликов Е.Т.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современные высшие учебные заведения нуждаются в действенных инструментах для эффективного управления хозяйственной и инженерно-технической инфраструктурой. Рациональное использование материально-технических ресурсов и снижение затрат на их содержание являются приоритетными задачами. Существенную роль в достижении этих целей играет совершенствование системы хозяйственного и инженерного обеспечения. Грамотно организованная работа отдела, ответственного за это направление, способствует бесперебойному проведению учебного процесса, оперативному выявлению и устранению неисправностей при возникновении.

В рамках данной работы рассматривается разработка специализированного программного обеспечения (ПО) для отдела хозяйственного и инженерно-технического обеспечения университета. Система предусматривает широкий спектр функциональных возможностей, включая: ведение учета сотрудников и складских ресурсов, формирование плана работ и контроль, формирования актов о выполненных планах работ и на приобретение необходимых материалов, регистрацию и обработку заявок на техническое обслуживание и ремонт посредством электронной почты или чат-бота Telegram, прием и обработка заявок работником на техническое обслуживание и ремонтные работы, уведомление материально-ответственных лиц посредством электронной почты или чат-бота Telegram об успешной обработке и устранении проблем по поданным заявкам, формирования служебных записок о необходимости закупки материалов.

При выборе программной платформы для реализации системы были учтены ключевые требования:

- поддержка объектно-ориентированного программирования;
- использование высокоуровневого языка программирования;
- интеграция с базами данных;
- возможность разработки веб-приложений.

Наиболее подходящим решением для реализации поставленных задач стал язык программирования Python в сочетании с фреймворком Django, который обеспечивает все необходимые возможности для разработки и внедрения системы.

Разработанная информационная система представляет собой эффективный инструмент для оптимизации управления ресурсами и процессами хозяйственного и инженерно-технического обеспечения вуза. Она позволяет организовать централизованный контроль за складскими запасами, планированием и выполнением работ, а также заявками на техническое обслуживание. Функционал системы охватывает автоматизацию процессов регистрации заявок, уведомлений о выполненных работах, а также корректировку планов выполнения задач. Внедрение данной системы значительно повышает оперативность управления, способствует прозрачности всех процессов и повышает уровень контроля за исполнением работ. В результате достигается повышение эффективности управления хозяйственной и инженерно-технической инфраструктурой университета, снижение временных затрат и оптимизация рабочих процессов.

Список используемых источников:

1. Гагарина Л.Г. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем. Учебное пособие /Л.Г. Гагарина. – М.: Изд-во Форум, Инфра – М, 2023. – 384 с.
2. Погодина Л.В. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и строений / Погодина Л.В. – М.: Изд-во Дашков и К – М, 2010. – 474 с.

3. 1С: Предприятие 8. ТОИР Управление ремонтами и обслуживанием оборудования» для эксплуатации инженерного оборудования [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.soware.ru/>.

Разработка подсистемы поддержки принятия решений определения рейтинга обучающихся профессионального образовательного учреждения

Айтжанов Е.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современных реалиях системы образования существует необходимость в разработке действенных инструментов, позволяющих оценивать качество образовательного процесса и достижения обучающихся в творческих, спортивных и других сферах. Мы предлагаем создать подсистему, которая будет поддерживать принятие решений при формировании рейтинга студентов профессионального образовательного учреждения. Основная цель данной подсистемы - автоматизация и объективизация оценки как учебных, так и внеучебных достижений.

В подсистему будут храниться данные о академической успеваемости, результатах дополнительной деятельности, а также участии в спортивных, общественных и культурных мероприятиях. Участие обучающихся в конкурсах, аттестациях и выставках будет регистрироваться и учитываться. Все полученные результаты станут источником для формирования общего рейтинга.

Внедрение данной подсистемы позволит обеспечить следующие преимущества:

1) объективность: использование комплексного подхода и разнообразных источников информации для создания рейтинга;

2) прозрачность: открытые критерии оценки, благодаря которым студенты смогут ясно понимать, за какие достижения они получают те или иные баллы;

3) стимулирование мотивации: понятная система рейтингов послужит для повышения мотивации студентов к обучению и активному участию в дополнительных мероприятиях;

4) поддержка принятия решений: руководство учреждения сможет получать отчеты о текущих рейтингах студентов.

Таким образом, предложенная подсистема станет важным элементом повышения качества профессионального образования и будет способствовать созданию конкурентоспособной и активной образовательной среды. Ее внедрение создаст фундамент для объективной оценки достижений обучающихся, что, в свою очередь, будет содействовать их личному и профессиональному развитию — особенно актуально в условиях постоянно меняющихся запросов современного рынка труда. Подобный подход также улучшит взаимодействие между преподавателями и студентами, делая процесс обучения более целенаправленным и результативным. В конечном итоге, это создаст условия для подготовки квалифицированных специалистов, готовых к успешной профессиональной деятельности в своих областях, что является одной из главных задач системы профессионального образования.

Список используемых источников:

1. Модель информационно-справочной системы образовательного учреждения Кузнецова Е.С., Силантьева О.А. // Казанский педагогический журнал. — 2015. — № 1. — С. 64-69.

2. Совершенствование информационно-справочной системы учета достижений обучающихся в профессиональном образовательном учреждении Глазунова Ю.Г., Грибова О.Н. // Инновационная наука. — 2018. — № 3. — С. 153-158.

3. Применение балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов в техническом высшем учебном заведении. Белозёров И.Л., Белозёрова С.И. // Педагогика и психология: проблемы, идеи, инновации.

Выбор оптимального варианта системы наддува возвращаемой ступени ракеты-носителя

Айтмырзаев Н.М.

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

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современные ракеты-носители (РН) используют различные системы наддува топливных баков, среди которых наиболее распространены газобаллонные системы, использующие парогазовую смесь гелия, продукты разложения пероксида водорода и испарившегося топлива. Газобаллонные системы наддува имеют ряд недостатков, включая значительную массу, сложность конструкции и ограниченные возможности для повторного использования ракетных блоков.

В качестве альтернативы рассматривается применение реактивной системы управления (PCY), однако она имеет свои ограничения.

Предлагается комбинированная система наддува (КСН), которая использует газобаллонную систему в сочетании с реактивной системой управления, обеспечивая повышение эффективности и надёжности работы РН, а также уменьшение массы системы наддува за счёт замены традиционных материалов, используемых для элементов системы наддува, на современные и лёгкие неметаллические материалы.

Применение КСН позволяет снизить стартовую массу ракеты за счёт уменьшения массы системы наддува, исключения тяжёлых газобаллонных резервуаров и интеграции наддува с PCY, что снижает общую массу конструкции.

Расчёт проведён на основе анализа характеристик РН лёгкого класса «Таймыр-7», который подтвердил снижение стартовой массы за счёт уменьшения веса системы наддува.

Повышение эффективности и надёжности РН за счёт внедрения КСН открывает перспективы для дальнейшего развития многоразовых носителей.

Несмотря на преимущества, внедрение КСН требует решения ряда технологических задач, включая разработку новых материалов, адаптацию систем управления и проведение экспериментальных исследований.

Таким образом, внедрение КСН способствует улучшению характеристик многоразовых РН, снижению эксплуатационных затрат и повышению экологической безопасности запусков.

Косморобот

Алмасбек З.С.

Научный руководитель — Тагибергенова Г.К.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Роботы в космосе относятся к автономным или полуавтономным машинам, предназначенным для выполнения задач в космической среде. Эти роботы могут быть запрограммированы на дистанционное управление или время автономной работы и могут выполнять различные функции, включая научные исследования, техническое обслуживание и ремонт спутников и космических аппаратов.

Он имеет долгую историю использования роботов в космосе, начиная с первых дней освоения космоса. В 1960-х годах НАСА использовало космический корабль surveyor, серию роботизированных посадочных машин на Луну, для сбора данных и изображений лунной поверхности. В последующие десятилетия роботы использовались для различных миссий, включая миссии викингов на Марсе, миссии по обслуживанию космического телескопа Хаббл и марсоходы, которые исследовали поверхность Марса и предоставили ценные данные о геологии и обитаемом потенциале планеты.

С появлением передовых технологий возможности роботов в космосе продолжали расширяться. Сегодня роботы используются для решения многих проблем, таких как проверка и обслуживание спутников, установка научных инструментов и сбор образцов с других планет и астероидов. Ожидается, что будущее роботов в космосе будет еще более

многообещающим, поскольку достижения в области технологий продолжают предоставлять новые возможности для научных открытий и технического прогресса.

Роботы играли важную роль в освоении космоса с 1960-х годов, когда они были впервые представлены для выполнения задач, которые были слишком опасными или сложными для астронавтов-людей. С развитием технологий использование роботов в космосе становится все более распространенным с широким спектром применения, от обслуживания спутников до научных исследований и сбора образцов.

Цель этого исследования - изучить текущее состояние роботов в космосе и изучить их потенциал для будущего использования в освоении космоса. Цель исследования - дать исчерпывающий обзор типов роботов, используемых в космосе, их возможностей и ограничений, а также преимуществ и проблем использования роботов в космосе.

Список используемых источников:

1. Лопота А. В. и др. Проблемы применения в космосе антропоморфных роботов //Journal of Mechanical Engineering NTUU" Kyiv Polytechnic Institute". – 2013. – №. 68. – С. 195-200.
2. Тимофеев А. Н., Шардыко И. В. Проблемы применения в космосе антропоморфных роботов //Робототехника и техническая кибернетика. – 2013. – №. 1. – С. 37-41.
3. Силантьев С., Фоминов И., Королев С. Роботы на орбите //Воздушно-космическая сфера. – 2016. – №. 2 (87). – С. 118-123.
4. Маров М., Хантресс У. Советские роботы в Солнечной системе. Технологии и открытия. – Litres, 2022.

Как убирать космический мусор?

Арыстанбеков Ж.Н.

Научный руководитель — Аукеров А.Б.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Космический мусор представляет собой серьезную проблему для человечества. Он включает в себя неработающие спутники, обломки ракет и другие искусственные объекты, которые вращаются вокруг Земли. С каждым годом количество мусора увеличивается, создавая угрозу для действующих спутников, Международной космической станции и будущих космических миссий. Высокая скорость движения обломков делает их опасными даже для небольших космических аппаратов, так как столкновение может привести к образованию еще большего количества мусора.

Основная цель доклада – рассмотреть современные способы удаления космического мусора, а также возможные перспективные технологии, которые помогут решить эту проблему. Очистка космоса необходима для безопасного освоения и исследования дальнего космоса. Без эффективных мер по утилизации мусора будущие миссии могут столкнуться с серьезными трудностями, включая повышенный риск аварий и утрату дорогостоящего оборудования.

Существуют разные методы борьбы с космическим мусором. Один из них – пассивные методы, например, разработка спутников, которые самостоятельно сходят с орбиты после завершения своей работы, сгорая в атмосфере. Также применяются активные технологии, такие как использование сетей, гарпунов и лазеров для захвата и уничтожения мусора. Некоторые страны разрабатывают способы переработки космических отходов, превращая их в полезные ресурсы, которые можно использовать в будущих миссиях, например, для строительства станций на орбите.

Кроме технологических решений, важную роль играет международное сотрудничество. Космические агентства и частные компании должны работать вместе, чтобы разработать общие стандарты по утилизации и предотвращению образования мусора в космосе. Уже сейчас существуют международные соглашения, регулирующие деятельность на орбите, но их необходимо совершенствовать, чтобы предотвратить дальнейшее загрязнение.

Таким образом, проблема космического мусора требует комплексного подхода. Только сочетание современных технологий, международных соглашений и новых разработок поможет сохранить космос чистым и безопасным для будущих поколений. Важно не только

удалять существующий мусор, но и предотвращать его появление, разрабатывая новые стандарты проектирования и эксплуатации спутников. Если человечество не предпримет решительных мер, орбита Земли может стать слишком загрязненной, что значительно затруднит дальнейшее освоение космоса.

Список используемых источников:

1. Ключников В. Ю. Как очистить околоземное пространство от космического мусора // Воздушно-космическая сфера. – 2019. – №. 1 (98). – С. 96-107.
2. Тетерина Е. А. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА // Ресурсам области-эффективное использование. – 2017. – С. 305-312.
3. Алпатов А. П. Космический мусор: аспекты проблемы // Технічна механіка. – 2018.
4. Михайлов А. В. и др. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УТИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА СОВРЕМЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ // ВЕКТОР НАУЧНОЙ МЫСЛИ. – 2021. – С. 14.

Обоснование использования инновационного материала тротуарного покрытия в муниципальном образовании

Бактыбайкызы А.

Научный руководитель — Вербицкая О.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современный мир сталкивается с огромной проблемой утилизации пластиковых отходов. За более чем полвека человечество привыкло использовать пластмассы в самых разных областях: от полиэтиленового пакета в продуктовом магазине до обшивки ракет-носителей. Миллионы тонн пластика ежегодно накапливаются на свалках и полигонах, загрязняя окружающую среду и угрожая экосистемам. Одним из перспективных решений данной проблемы является переработка пластика в полимер-песчаные изделия, такие как плитка, тротуарные покрытия, строительные блоки и другие элементы благоустройства.

Полимер-песчаные изделия обладают рядом преимуществ перед традиционными материалами. Они отличаются высокой прочностью, устойчивостью к механическим нагрузкам, влагостойкостью, термостойкостью. Долговечность таких изделий снижает эксплуатационные затраты и делает их экономически выгодными. Кроме того, их производство способствует снижению объемов пластиковых отходов, это положительно влияет на экологическую ситуацию.

Важным фактором является доступность сырья для производства полимер-песчаных изделий, поскольку пластиковые отходы в больших объемах накапливаются в городах и промышленных зонах. Использование вторичного пластика позволяет не только решать проблему утилизации, но и сокращать потребность в первичных материалах, таких как цемент и глина. Развитие этой технологии способствует формированию принципов устойчивого производства и потребления.

В этой работе рассматриваются перспективы производства и применения полимер-песчаных изделий, анализируя их основные свойства, экологическую и экономическую эффективность. Исследование включает анализ технологии изготовления, сравнимый анализ с традиционными материалами, а также оценку рыночных возможностей. Отдельное внимание уделяется вопросам переработки пластиковых отходов и их влияние на снижение загрязнений окружающей среды.

Данная работа направлена на изучение потенциальных полимер-песчаных изделий, как инновационного и экологически значимого материала, который может сыграть важную роль в развитии устойчивого строительства и экономики замкнутого цикла.

Список используемых источников:

1. Пластиковое загрязнение мирового океана / А.А.Ершова, Т.Р.Ерёмина, 2022г.
2. Разработка полимер-песчанной плитки из переработанного пластика {электронный ресурс} – <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-polimerno-peschanoy-plitki-iz-pererabotannogo-plastika/viewer>.

3. Производство полимерпесчаных изделий: оборудование, технологии и перспективы {электронный ресурс} – <https://rcycle.net/plastmassy/izdeliya-iz-vtorichnogo-plastika/polimerpeschanye-izdeliya/proizvodstvo-tehnologii-oborudovanie>.

Информационная безопасность

Башаров Н.Б.

Научный руководитель — Ашимов А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

XXI век характеризуется стремительным развитием цифровых технологий во всевозможных областях человеческой деятельности. Цифровизация также не обошла стороной космическое и аэрокосмическое отрасли. Обмен информацией и передача их на дальние расстояния является одной из основных проблем космических технологий.

Актуальность темы

Развитие технологий усложняет принципы работы цифровых устройств, что как следствие не только упрощает взаимодействия с устройствами, но и могут создать бреши в системе защиты. В авиации и космосе утечки данных могут привести к серьезным последствиям, таким как несанкционированный доступ к навигационным системам или управление бортовыми комплексами. Типы угроз могут быть внешние и внутренние. Внутренние угрозы устраняются на этапе создания кораблей. А разработка локального решения позволит создать автономную систему защиты от внешней угрозы, что особенно важно для космических исследований и авиационной промышленности.

Цель и задачи проекта

Основная цель проекта – анализ возможных уязвимостей и создание локального решения для обеспечения безопасности. Этот продукт будет направлен на анонимизацию пользователей, фильтрацию нежелательного контента, повышение эффективности работы с сетевыми ресурсами и контроль за сетевой активностью. Основные этапы реализации проекта:

- изучение существующих методов сетевой защиты;
- выбрать наиболее эффективный способ реализации
- спроектировать и реализовать решение с возможностью фильтрации контента и устойчивого к внешним угрозам;
- внедрить систему мониторинга пользователей;
- провести тестирование на предмет безопасности, производительности.

Локальная безопасность достигается с помощью комплексных мер защиты. Сегментирование сети изолирует критически важные системы, предотвращая несанкционированный доступ. Шифрование данных защищает информацию, а многофакторная аутентификация снижает риск взлома. Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS) обеспечивают оперативное выявление атак. Дополнительно фильтрация контента и мониторинг трафика помогают обнаруживать угрозы, такие как вредоносное ПО. Кэширование данных снижает нагрузку на сеть, повышая стабильность работы. Эти меры минимизируют риски утечек, создавая надежную систему защиты.

Список используемых источников:

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2018. — 960 с.
2. Виртуальный А. Сетевые технологии и интернет-безопасность. — М.: БХВ-Петербург, 2015. — 416 с.
3. Сорокин А. Прокси-серверы и анонимность в сети. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 320 с.
4. Кочергин Д. Безопасность компьютерных сетей. — М.: Горячая линия – Телеком, 2017. — 512 с.

Описание концепции новой перспективной ракеты космического назначения сверхлегкого класса и кислородно-метановыми двигателями

Беленьков К.Е.

Научный руководитель — Поволоцкий А.Н.

РКК «Энергия», Байконур

Разработка сверхлегкой ракеты космического назначения (РКН) для запуска малых космических аппаратов (как одиночных, так и групповых) является перспективным направлением как для внутреннего рынка пусковых услуг, так и для оказания пусковых услуг «дружественным» странам (в связи со сложившейся геополитической ситуацией).

Современные ракетные двигатели, в основном, работают на следующих парах компонентов топлива (КТ):

- азотный тетраксид (АТ) – несимметричный диметилгидразин (НДМГ);
- жидкий кислород (ЖК) – нафтил;
- жидкий кислород – жидкий водород (ЖВ).

АТ+НДМГ являются высококипящими токсичными компонентами топлива, негативно воздействующими на окружающую среду и организм человека.

ЖК+ЖВ являются криогенными пожаровзрывоопасными компонентами, требующими разработки сложной системы пожаровзрывопредупреждения, а также необходимостью постройки водородного завода рядом с предполагаемым местом запуска перспективной РКН в связи со сложностью транспортирования жидкого водорода на дальние расстояния.

В связи с вышеизложенным, оптимальной парой КТ для перспективной РКН сверхлегкого класса является жидкий кислород – нафтил, но, с учётом больших запасов природного газа на территории РФ, в качестве горючего предлагается рассмотреть использование сжиженного природного газа (СПГ) – метана, в качестве окислителя – жидкий кислород, с разработкой нового кислородно-метанового жидкостного ракетного двигателя (ЖРД).

Целью данного доклада является описание концепции новой перспективной ракеты космического назначения сверхлёгкого класса с кислородно-метановыми двигателями.

Список используемых источников:

1. Коватова Ю. С., Воробьёв А. Г., Боровик И. Н., Хохлов А. Н., Казеннов И. С. Жидкостный ракетный двигатель малой тяги на топливе газообразный кислород и газообразный метан // Вестник Московского авиационного института. 2011. Т. 18. №3. С. 45–54.
2. Никулин А. Г. Определение концентрации К-фазы в генераторном газе жидкостного ракетного двигателя методом оптической диагностики // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. №4. С. 117–124.
3. Новиков А. В., Ягодников Д. А., Буркальцев В. А., Лапицкий В. И. Математическая модель и расчёт характеристик рабочего процесса в камере сгорания ЖРД малой тяги на компонентах топлива метан-кислород // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. Специальный выпуск «Теория и практика современного ракетного двигателестроения». 2004. С. 8–17.

Автоматизация взаимодействия с клиентами в типографии: применение нейронных сетей для оптимизации коммуникационных процессов

Галата А.В., Куттымуратов М.К.

Научный руководитель — Набатов Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современном мире развитие информационных систем и технологий становится неотъемлемой частью жизни, в особенности это связано с автоматизацией бизнеса. Одним из ключевых инструментов цифровизации является использование Telegram-ботов, которые значительно упрощают взаимодействие с клиентами.

На примере типографии «PrintTime» проведён системный анализ, который выделяет основную проблему, связанную с нечёткой коммуникацией при взаимодействии с

клиентами. Кроме того, рассмотрены возможные нейросетевые технологии для генерации эскизов на основе технического задания клиента.

Предлагаемым решением является разработка интеллектуального Telegram-бота для сбора и уточнения заказов. Бот автоматизирует процесс взаимодействия с клиентами, позволяя загружать изображения, описывать требования, уточнять детали и формировать стандартизированные технические задания. Дополнительной функцией станет визуализация заказов на основе загруженных данных.

Основные этапы работы чат-бота будут включать:

1. Автоматизированный сбор информации о заказе с возможностью загрузки изображений и текстовых описаний.
2. Уточнение деталей заказа посредством интерактивного диалога с клиентом.
3. Формирование стандартизированного технического задания для сотрудников типографии.
4. Предоставление визуальных примеров и шаблонов с помощью искусственного интеллекта на основе полученной информации от клиента.

Цель разрабатываемого продукта — повысить качество взаимодействия с клиентами, снизить риск ошибок при оформлении заказов и оптимизировать рабочие процессы внутри типографии.

Предполагается двойное назначение продукта:

- 1) прикладной инструмент для автоматизации процесса сбора информации о заказах;
- 2) средство для повышения точности передачи технических заданий внутри типографии.

Таким образом, на выходе будет предоставляться не только структурированные данные для сотрудников, но и возможность визуализации заказов клиентами, что позволит сократить время на уточнение деталей и повысить удовлетворённость заказчиков. Особенностью разрабатываемого чат-бота является простота в использовании и настройке, что сделает его доступным для клиентов с разным уровнем подготовки.

В дальнейшем планируется расширение возможностей и полноценная реализация продукта.

Список используемых источников:

1. Комаров, Н. М. Применение технологий искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий / Н. М. Комаров, Д. С. Пащенко // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6.
2. Автоматизация бизнес-систем: BPMS, CRM, ERP : учебное пособие / А.А. Тарасьев, Г.А. Агарков, В.М. Лаптев, К.С. Половнев, П.А. Кровякова, В.Ф. Турыгина ; под общ. ред. В.М. Лаптева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2024.— 152 с. : ил.— Библиогр.: с. 150.— 30 экз. — ISBN 978-5-7996-3885-6.
3. А. Миллиардов. Telegram-бот. Создание и Монетизация. // Автор. 2024.

Создание космической системы научного назначения с дополнительными функциями глобальной космической системы единого времени

Гольц В.Р.

Научный руководитель — Телешевский В.С.

РКК «Энергия», филиал «Байконур», Байконур

На сегодняшний день сетевые радионавигационные системы (СРНС) «ГЛОНАСС» и «GPS», обладают самыми высокими показателями: глобальностью, высокой точностью, непрерывным обслуживанием неограниченного числа потребителей.

Однако, одной из ключевых проблем в спутниковой навигации является точное измерение времени. Спутники ГЛОНАСС и GPS оснащены атомными часами, которые обеспечивают эту высокую точность измерений. Несмотря на это, возникают следующие проблемы:

1. Синхронизация шкал времени.
2. Совместимость приёмников.

3. Дороговизна и громоздкость оборудования.

4. Необходимость введения в эксплуатацию дополнительных, наземных GPS-станций, характеристики которых также не отвечают перспективным требованиям навигации.

5. При диверсионном военном воздействии на наземные пункты коррекции может разрушена орбитальная группировка.

Наиболее высоким уровнем эффективности использования различных радиозмерительных систем (РИС) представляется создание единого радионавигационного поля, когда излучения всех источников навигационных сигналов синхронизированы.

С целью значительного повышения точности измерений СРНС, предлагается создать космическую систему единого времени (КСЕВ), использующую пульсарные события для фазировки и синхронизации разнесенных хранителей времени.

Одной из ключевых особенностей РИС является необходимость точного формирования и надёжного хранения системной шкалы времени в течение всего периода их существования. Полноценно обеспечить эти высокие требования в состоянии только предлагаемая КСЕВ. Система устранил рассинхронизацию бортовых хранителей времени всех спутников, входящих в систему «ГЛОНАСС» и «GPS», полностью устраняет дополнительную погрешность в определении местоположения потребителя.

В качестве долгосрочной перспективы научных и прикладных исследований целесообразно рассмотреть следующий проект.

В пока еще свободных от космических аппаратов точках либрации Лагранжа L4, L5 динамической системы Земля-Луна создать научно-исследовательские станции, оснащенные следующими приборами:

- детекторы рентгеновского излучения;
- лазерные интерферометры;
- магнитометры;
- приборы оптического, ультрафиолетового и инфракрасного диапазона;
- различной научной прикладной аппаратурой.

Выбор точек либрации L4, L5 для размещения в них космических аппаратов (КА), обусловлен тем, что для коррекции орбиты КА потребуется минимум рабочего тела, что позволит им находиться там бесконечно долгое время, время их нахождения в указанных точках определит лишь «срок существования» самого КА.

Кроме того, в зоне постоянной радиовидимости космических станций, находящихся в этих точках, будут находиться все КА на околоземных орбитах, что превращает их в уникальное телекоммуникационное средство. Тем более что между станциями и потребителями информации – КА – отсутствует какая бы то ни была среда, препятствующая прохождению радиосигнала.

Для реализации программы создания КСЕВ, РФ необходимо осуществить запуск минимум двух КАНН и вывести их в точки со стабильными параметрами, такие как либрационные точки пространства L4 и L5 динамической системы Земля-Луна. Установленные на бортах КАНН рентгеновские детекторы совместно с целевой аппаратурой будут принимать и преобразовывать события миллисекундного пульсара в сверхстабильные радиосигналы времени и частоты, которые будут транслироваться в радиодиапазоне на среднеорбитальные радионавигационные системы. Стабильность пульсарных событий намного превышает все известные эталоны. Продолжительность работы КА, находящихся в точках либрации, будет ограничена лишь ресурсом бортовой аппаратуры, так как нет необходимости в затратах рабочего тела на коррекцию орбиты.

Для приёма наиболее устойчивого сигнала с одного из пульсаров в виде рентгеновского или гамма-излучения, на КА устанавливаются детекторы фотонов. Высокостабильные сигналы с КАНН, сфазированные между собой по пульсарному событию, передаются в штатном радиодиапазоне на другие КА, находящиеся в космическом пространстве.

При этом информация, выделяемая при обработке сигналов любой из излучающих радиостанций КА, способна в соответствующей степени повысить точность и надёжность навигационно-временных определений. Синхронизация излучения всех радионавигационных средств с помощью сигналов глобальной КСЕВ будет способна

объединить частные радионавигационные поля в единое радионавигационное поле, что позволит более гибко предоставлять навигационно-временное обеспечение различным потребителям в необходимых районах.

Список используемых источников:

1. Родин А.Е., Орешко В.В., Потапов В.А. Принципы космической навигации по пульсарам // Труды Института прикладной астрономии РАН.
2. Богданов П.П., Дружин А.В., Примакина Т.В., Феоктистов А.Ю. Проблемы передачи времени в ГЛОНАСС // Труды Института прикладной астрономии РАН.
3. Шитов Ю.П., Кузьмин А.Д., Думский Д.В., Лосовский Б.Я. Обнаружение RRAT пульсара // Пушинская радиоастрономическая обсерватория.

Применение керамических и композиционных материалов в космической и авиационной промышленности

Горчакова Е.В., Агишев Д.Р., Джанадилов Д.Р.

Научный руководитель — Исупова Г.В.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Слово «керамика» произошло от древнегреческого «керамейя (κέραμος — глина)». Глиной является тонкодисперсная осадочная горная порода, получаемая посредством спекания отформованных минеральных масс при высокой температуре.

Керамика — один из наиболее древних искусственных материалов, на сегодняшний день применяемый в различных областях, а именно: промышленность, медицина, наука, искусство, электротехника, приборостроение, оборонная промышленность, а так же строительство. Из глины изготавливают облицовочные и кровельные материалы такие как кирпич, черепица, плитка и прочие. Строительная керамика относится в основном к традиционной (силикатной) керамике, известной как промышленный продукт более 7 тыс. лет.

Строительные материалы изготавливают из глины разных сортов. Самая ранняя керамика — посуда из глины или из её смесей с другими материалами.

В XX веке были созданы новые керамические материалы для производства полупроводников, композиционных, керамических, пьезоэлектрических, диэлектрических материалов.

В стоматологии биокерамику из диоксида циркония активно используют для замещения натуральных корней зубов, которая по прочности практически не уступает титановым имплантам.

Современные керамические изделия так же нашли применение в авиационной и космической промышленности как тепловая защита агрегатов, для защиты от радиационного влияния, в создании реактивных двигательных установок.

Керамические изделия известны своей высокой устойчивостью к нагреванию, к температурному, химическому и электрическому старению, механической прочностью.

Производство современных видов керамики и композиционных материалов связано с такими процессами как:

- формование изделий (прессовка, литье, экструзия и пр.);
- измельчение сырья;
- вымешивание и увлажнение с добавлением пластифицирующих и связующих элементов;
- низкотемпературный отжиг для удаления связующих элементов;
- обжиг при высокой температуре для формования керамических изделий с определенными свойствами.

Спрос на усовершенствованные двигатели для самолетов и космических аппаратов привел к ужесточению требований эксплуатации (повышение напряжения, термоустойчивость, защита от агрессивной среды), что в свою очередь ставит задачи, для решения которых требуется инновационный подход. Повышение показателей авиационных

и ракетных двигателей достигается с переходом к новым схемам проектирования, использованию новых технологических решений конструкционных материалов.

Так использование керамических теплозащитных покрытий позволило повысить максимальную температуру в самой горячей части турбореактивного двигателя (вход смеси газов) до беспрецедентного уровня ($>1500^{\circ}\text{C}$), что привело к повышенной эффективности и производительности.

Использование керамических матричных композиционных материалов обеспечивает высокую удельную прочность дает возможность снизить массу изготавливаемых деталей, а также повысить устойчивость к агрессивной среде.

Керамические и композиционные материалы имеют определенные недостатки при реализации многих авиационных и аэрокосмических решений, но современная наука не отстает, используя керамику для разработки нового класса материалов, а также для применения новых методов в области производства керамических конструкций и их проектирования.

Инновационная структурная керамики, без преувеличения, сыграет важнейшую роль при решении задач, связанных с повышением рабочих характеристик силовых установок как нового поколения, так и существующего. Несомненно, замена компонентов из металла и сплавов в существующих силовых установках позволит реализовать не весь потенциал передовых образцов керамических и композиционных материалов. Поэтому появляется необходимость в производстве конструкций и систем, в которых современные материалы будут заменяться на керамические и композиционные.

Несмотря на то, что керамоматричные композиты являются относительно новым классом материалов, используемым в турбовинтовой промышленности, темп их применения будет нарастать, поскольку они превосходят монолитную керамику по устойчивости к повреждениям, а металлические суперсплавы – по показателям рабочей температуры и плотности. Применение керамоматричных композитов найдет применение в качестве материалов для изготовления тонкостенных и простых по форме деталей для облицовки поршневых двигателей внутреннего сгорания, в производстве уплотнительных колец, кожухов авродвигателей, переходных элементов, жаровых и топочных труб и др.

Список используемых источников:

1. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Вершков А.В. Редкие металлы и редкоземельные элементы – материалы современных и будущих высоких технологий // Труды ВИАМ: электрон. науч. – технич. журн. 2013. №2. Ст. 01. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 25.02.2024).
2. Каблов Е.Н., Бондаренко Ю.А., Ечин А.Б. Развитие технологии направленной кристаллизации литейных высокожаропрочных сплавов с переменным управляемым температурным градиентом // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 24–38. DOI: 2071-9140- 2017-0-S-24-38.
3. Justin J.F., Jankowlak A. Ultra High Temperature Ceramics: Densification, Properties and Thermal Stability // Aerospace Lab. 2011. Is. 03–08. P. 1. Self-Repairing Ceramic Eyed For Aircraft Engines, Shinkansen. URL: <https://www.japanbullet.com/features/self-repairing-ceramic-eyed-for-aircraft-engines-shinkansen> (дата обращения: 20.02.2024).

Перспективные энергосберегающие технологии

Дмитриева В.Ю.

Научный руководитель — Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Развитие возобновляемых источников энергии играет ключевую роль в сокращении потребления традиционных энергоресурсов.

Солнечные панели нового поколения:

Высокоэффективные фотоэлементы с нанотехнологическими покрытиями увеличивают КПД преобразования солнечного света в электричество, снижая стоимость производства энергии.

Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения:

Новые конструкции ветряков обеспечивают более эффективное использование воздушных потоков и повышают их производительность даже при слабом ветре.

Энергия морских волн и приливов:

Перспективным направлением является использование кинетической энергии воды для выработки электроэнергии, особенно в прибрежных районах.

Одним из наиболее перспективных направлений в энергосбережении являются радиоизотопные источники энергии, в частности батареи на основе изотопа ^{63}Ni (никель-63).

Никель-63 – это бета-излучающий радиоизотоп, который используется в специальных атомных батареях. В отличие от традиционных химических аккумуляторов, такие батареи обладают чрезвычайно долгим сроком службы (десяtkи лет) и могут использоваться в автономных устройствах.

Применение:

Космическая техника (автономное питание спутников и космических зондов).

Медицинские имплантаты (долговечные источники энергии для кардиостимуляторов).

Военная техника и датчики в труднодоступных местах.

Преимущества:

Отсутствие необходимости в подзарядке.

Высокая надежность и устойчивость к внешним воздействиям.

Возможность работы в экстремальных условиях (вакуум, высокие и низкие температуры).

Аддитивные технологии в энергосбережении

3D-печать и другие методы аддитивного производства позволяют создавать энергоэффективные конструкции и компоненты.

Энергосберегающие здания, напечатанные на 3D-принтере: Использование инновационных строительных технологий позволяет возводить дома с минимальным расходом материалов и энергозатрат.

Оптимизированные детали для промышленности и транспорта: 3D-печать позволяет изготавливать более легкие и прочные конструкции, что снижает расход топлива и электроэнергии.

Перспективные энергосберегающие технологии играют ключевую роль в повышении энергоэффективности и снижении нагрузки на окружающую среду. Внедрение «умных» технологий, цифровизации, альтернативных источников энергии и инновационных материалов позволит значительно сократить энергопотребление и повысить эффективность использования ресурсов.

Список используемых источников:

1. Перспективные методы энергосбережения в строительстве – cyberleninka.ru.
2. Развитие интеллектуальных энергосистем Smart Grid – energyworld.ru.
3. Будущее альтернативных источников энергии – renewableenergy.com.
4. Энергоэффективные технологии в транспорте – greenenergy.ru.
5. Атомные батареи на основе никеля-63: перспективы и применение – nuclearenergy.ru.

Использование технологий искусственного интеллекта для распознавания заданного набора графических элементов электрической схемы

Должанская К.А.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Распознавание элементов электрической цепи на изображениях является ключевым этапом для автоматизации расчетов и анализа схем. [1]

Для решения этой задачи предлагается использовать технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют идентифицировать и классифицировать графические элементы, такие как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, источники напряжения и тока и т.д.

Для решения задачи распознавания элементов электрической цепи предлагается следующий пошаговый подход:

1) первым этапом является создание набора данных, состоящего из изображений электрических схем с различными элементами. Каждое изображение должно быть размечено с указанием местоположения элементов и их типов. Важно, чтобы набор данных был достаточно разнообразным и включал схемы различной сложности, чтобы модель могла обучиться на широком спектре примеров;

2) вторым этапом является обучение модели. Для распознавания элементов используется сверточная нейронная сеть, которая хорошо подходит для задач классификации изображений. Модель обучается на размеченных данных, используя методы глубокого обучения. В процессе обучения модель учится сопоставлять определенные визуальные паттерны с соответствующими типами элементов цепи;

3) третий этап – это, непосредственно, распознавание элементов. На этом этапе обученная модель принимает на вход изображение электрической схемы и анализирует его, выделяя графические элементы и классифицируя их по типам.

Для непосредственной реализации приведенного выше подхода предполагается использование TensorFlow, что предоставляет широкий набор инструментов для создания, обучения и тестирования нейронных сетей, а также для обработки данных.

Список используемых источников:

1. Автоматизированная система распознавания и расчета электрических цепей / Должанская К. А. [и др.] // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей «Энергетика и автоматизация в современном обществе» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна»; сост. М. С. Липатов; под общ. ред. Т. Ю. Коротковой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. — 278 с. (дата обращения: 25.02.2025 г).

2. Шакла Нишант // Машинное обучение и TensorFlow. — СПб.: Питер, 2019. — 336 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста») (дата обращения: 25.02.2025 г).

Перспективные авиационно-космические материалы: инновации и достижения

Дунаев К.А.

Научный руководитель — Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Полимерные материалы: преимущества и применение:

Полимеры — это высокомолекулярные соединения, синтезированные на основе органических или модифицированных природных компонентов. Их ключевые преимущества:

Экономическая эффективность: низкая себестоимость производства и переработки.

Экологичность: сокращение отходов до 70% по сравнению с металлами.

Технические характеристики: плотность в диапазоне 850–1800 кг/м³, устойчивость к коррозии и агрессивным средам.

Применение полимеров в авиации снижает энергозатраты на 40%, что делает их незаменимыми для создания легких и прочных элементов фюзеляжа, топливных баков и других конструкций.

Композиционные материалы в ракетно-космической технике (РКТ)

Композиты состоят из матрицы (связующего компонента) и армирующих наполнителей (например, углеродных волокон). Их доля в составе может варьироваться от долей процента до 90%.

Примеры использования в РКТ:

Углепластики: применяются для топливных баков, снижая массу конструкции на 30–50%.

Бороалюминиевые композиты: устойчивы к сверхзвуковым температурам.

Органопластики: востребованы для обшивки крыльев и фюзеляжа.

Результаты внедрения:

Увеличение прочности и жесткости конструкций.

Повышение термостойкости и радиационной устойчивости.

Рост полезной нагрузки ракет-носителей за счет облегчения конструкции.

Нанотрубки обладают уникальными свойствами:

Графен и нанотрубки обладают уникальными свойствами:

Прочность в 200 раз выше стали при значительно меньшем весе.

Электропроводность, что важно для защиты от космического излучения.

Гибкость применения: от покрытий до армирующих добавок в композитах.

Заключение

Переход на композитные и нанотрубки материалы — это стратегическое направление для аэрокосмической отрасли. Их использование позволяет:

Снизить массу летательных аппаратов.

Повысить надежность и долговечность.

Увеличить экономическую эффективность производства.

Дальнейшие исследования в этой области открывают перспективы для создания крупногабаритных космических конструкций и многоразовых транспортных систем.

Список используемых источников:

1. <https://issek.hse.ru/trendletter/news/163193005.html?ysclid=m7m1ajechg351597951> —

Нанотрубки материалы.

2. <https://bigenc.ru/c/polimernye-materialy-9feba9?ysclid=m7m1z5llrc2781475> —

Полимерные материалы.

3. Композиционные материалы. Большая российская энциклопедия – Композиционные материалы.

4. sbornik_AB9.pdf Сравнительные свойства КМ и металлов, используемых в РКТ.

Разработка системы удаленного управления программным обеспечением и мониторинга состояния компьютеров в учебных аудиториях вычислительного центра

Едиректов Д.Т.

Научный руководитель — Мирошникова Е.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современных учебных заведениях, особенно в условиях развития цифровых технологий, важной задачей является эффективное управление компьютерными лабораториями и вычислительными центрами. Учебные лаборатории и вычислительные центры института требуют постоянного контроля за состоянием оборудования, своевременного обновления программного обеспечения и обеспечения стабильной работы всех систем. Целью данной работы является разработка программного решения, которое позволит удаленно устанавливать программы, следить за состоянием системы компьютеров и обеспечивать централизованное управление всеми ресурсами [1].

Современные учебные заведения активно используют компьютерные классы и вычислительные центры для проведения лабораторных работ, исследований и обучения студентов. Однако управление большим количеством компьютеров вручную является трудоемким процессом, требующим значительных временных и человеческих ресурсов. Кроме того, отсутствие централизованного управления может привести к несогласованности в установке программного обеспечения, что может негативно сказаться на учебном процессе. Разработка системы удаленного управления позволит автоматизировать эти процессы, повысить эффективность использования ресурсов и снизить затраты на обслуживание [2].

Целью работы является разработка программного обеспечения, которое позволит удаленно устанавливать и обновлять программное обеспечение на компьютерах в учебных лабораториях и вычислительном центре. Система также должна обеспечивать мониторинг состояния системы компьютеров, включая загрузку процессора, использование оперативной

памяти, состояние жесткого диска и другие параметры. Важной задачей является создание централизованного управления всеми компьютерами через единый интерфейс, что позволит автоматизировать процессы настройки и обслуживания, снизив нагрузку на администраторов.

Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ существующих решений для удаленного управления компьютерами и мониторинга их состояния. На основе этого анализа требуется разработать архитектуру системы, включая серверную и клиентскую части. Далее необходимо реализовать функционал для удаленной установки и обновления программного обеспечения, а также разработать модуль для мониторинга состояния системы компьютеров. Важным этапом является создание пользовательского интерфейса, который обеспечит централизованное управление всеми компьютерами. Завершающим этапом станет тестирование системы в реальных условиях учебных лабораторий и вычислительного центра [3].

Преимущества предлагаемого решения:

1. Централизованное управление: система позволит администраторам управлять всеми компьютерами из одного интерфейса, что значительно упростит процесс настройки и обслуживания.

2. Автоматизация процессов: установка и обновление программного обеспечения будут выполняться автоматически, что снизит нагрузку на администраторов и уменьшит вероятность ошибок.

3. Мониторинг состояния системы: постоянный контроль за состоянием компьютеров позволит своевременно выявлять и устранять проблемы, что повысит стабильность работы системы.

4. Экономия времени и ресурсов: автоматизация процессов управления и мониторинга позволит снизить затраты на обслуживание компьютерных классов и вычислительного центра.

Разработанная система позволит значительно упростить процесс управления учебными аудиториями вычислительного центра. Она обеспечит автоматизацию установки и обновления программного обеспечения, а также постоянный мониторинг состояния системы. Это повысит эффективность использования ресурсов и снизит затраты на обслуживание, что особенно важно для учебных заведений с ограниченными бюджетами.

Список используемых источников:

1. Терентьев А.М. Сетевой мониторинг. Методы и средства: монография / А.М. Терентьев; Центральный экономико-математический институт РАН. Том 1.

2. Галета М.А. Автоматизация процесса проведения технических обслуживаний на СТО учебного заведения / М.А. Галета, Р.Г. Волостных // Прогрессивные технологии и процессы.

3. Савватеев Н.В. Удалённое управление компьютерами, подключенными к локальной сети / Н.В. Савватеев, Е.В. Абрамсон // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований.

Исследование возможностей автоматизации преобразования устного изложения судебно-медицинских экспертов в структурированный текст с применением технологий автоматического распознавания речи и обработки естественного языка

Есмамбетов Т.Ш.

Научный руководитель — Набатов Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современном мире цифровые технологии становятся неотъемлемой частью различных сфер деятельности. Автоматическое распознавание речи и формирования документов являются ключевыми технологиями для оптимизации документооборота в судебно-медицинской экспертизе. Введение таких технологий позволяет значительно ускорить процесс оформления протоколов, экспертных заключений и других документов, минимизируя влияние человеческого фактора и снижая вероятность ошибок. В БСМЭ при

проведении вскрытия специалист устно описывает заключение, после чего оно записывается вручную. В предлагаемой системе автоматическое распознавание речи позволяет сразу формировать документ с заключением.

Основная цель исследования заключается в разработке и интеграции системы, способной преобразовывать устную диктовку специалиста в структурированный текст в режиме реального времени с последующей автоматической корректировкой и форматированием. В рамках исследования проведен анализ специфики профессиональной терминологии и условий записи диктовок в БСМЭ. Также проведено сравнение существующих коммерческих и открытых решений ASR с возможностью их адаптации под узкую специализацию судебно-медицинской терминологии. Предложена методика предварительной обработки аудиосигнала (шумоподавление, нормализация) для повышения точности распознавания. Рассмотрены модули NLP для автоматической коррекции, пунктуации и структурирования текста, что позволит минимизировать количество ошибок и упростить последующую обработку данных.

Ожидаемые результаты включают сокращение времени подготовки документации, повышение точности передачи информации и снижение риска ошибок, связанных с человеческим фактором. Практическая реализация данного подхода способствует цифровой трансформации судебно-медицинской экспертизы и улучшению качества предоставляемых услуг, обеспечивая более оперативное и надежное документирование результатов вскрытий.

Список используемых источников:

1. Hinton G., Deng L., Yu D. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition // IEEE Signal Processing Magazine. 2012. Т. 29. №6. С. 82-97.
2. Остапенко А.С. Технологии обработки естественного языка: методы и алгоритмы // Москва: Издательство РИО. 2017.
3. Попов А. Применение технологий искусственного интеллекта в судебной медицине // Судебно-медицинский журнал. 2018. Т. 15. №4. С. 123–130.
4. Иванов С.В., Петров К.Д. Цифровизация документооборота в судебной медицине: современные подходы // Журнал информационных технологий. 2019. Т. 22. №3. С. 45–52.

Разработка интеллектуальной системы для прогнозирования стоимости биткоина

Жанузаков А.Ж.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Одной из основных сложностей при инвестировании и торговле криптовалютами является высокая изменчивость цен, что усложняет процесс принятия решений. Трейдеры и инвесторы вынуждены анализировать огромные массивы данных, включая исторические котировки, макроэкономические индикаторы и новостные события. Однако традиционные методы прогнозирования зачастую не дают высокой точности, что увеличивает степень риска.

В данной работе представлена разработка интеллектуальной системы прогнозирования стоимости биткоина, призванной автоматизировать анализ данных и формирование прогнозов. Система реализуется в формате веб-приложения, доступ к которому возможен через интернет. Это позволит пользователям получать прогнозные данные в режиме реального времени с любого устройства, имеющего подключение к сети. В основе прогнозной модели заложены методы машинного обучения, в частности, многофакторная линейная регрессия, которая будет использоваться для предсказания динамики цен.

Разработка системы осуществляется на языке Python с применением фреймворка Django для серверной части, а для построения интерфейса используются технологии HTML и CSS.

Ключевые функциональные возможности программного решения включают:

– сбор и обработку данных о курсе биткоина, торговых объемах, ликвидности и других рыночных показателях;

- выявление закономерностей и взаимосвязей между различными факторами, влияющими на цену криптовалюты;
- прогнозирование динамики курсов с использованием многофакторной линейной регрессии;
- представление данных в удобном формате с визуализацией и отчетностью;
- постоянную адаптацию прогнозной модели на основе новых входных данных для повышения точности предсказаний.

Разработанное веб-приложение предоставит пользователям мощный инструмент для анализа и прогнозирования курса биткоина. Автоматизированная обработка данных сократит временные затраты на изучение рыночной информации, снизит влияние субъективных факторов и повысит точность прогнозов. Благодаря веб-технологиям система будет доступна с любого устройства с подключением к интернету, обеспечивая удобство и гибкость работы.

Кроме того, использование Django для серверной части и современных фронтенд-технологий позволит создать масштабируемое, надежное и безопасное решение, способное работать с большими объемами данных в реальном времени. Это поможет трейдерам и инвесторам принимать более взвешенные решения, снижая финансовые риски и повышая эффективность стратегий.

Список используемых источников:

1. Донго Суй, Данило П. Мандич. Сходимость метода глубокого обучения RMSProp со штрафом за невыпуклую оптимизацию. Нейронные сети, том 139, июль 2021 г., страницы 17-23.
2. Ли Цзяньпин. Исследование прогнозирования тренда акций на основе двухуровневой модели LSTM. Научные технологии и инновации, 2021 (07): 50-51.

Перспективное использование модификационных композитных материалов в качестве оболочки бака ракеты-носителя

Жильцов Д.А.

Научный руководитель — Абильдаева К.Ж.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Данный проект направлен на предложение об использовании усовершенствованного композита в качестве оболочки для цилиндрического бака ракеты-носителя.

На сегодняшний день в качестве оболочки бака ракеты-носителя используются алюминево-магниево (АМг6, АМг5), титановые, и другие сплавы. Предлагается использовать усовершенствованный композит (углерод-углерод с 15% содержанием фуллера) в качестве оболочки бака ракеты-носителя. Состав материала — это высокомолекулярные углеродные волокна, расположенные в матрице из полимерных смол и переплетенные между собой с высокой плотностью. Обладает легкостью, жесткостью, термостойкостью и прочностью по сравнению с другими материалами. Данный материал является перспективным для использования его в конструкциях и составных частях ракетно-космической техники.

Основная задача проекта — это оценить прочностные характеристики бака и определить минимально допустимую толщину стенки для обеспечения надёжной эксплуатации при заданных нагрузках.

Исходными данными являются:

- Содержание армирующих наночастиц фуллера в матрице.
- Анализ существующих конструкций из композитов.
- Тип компонента ракетного топлива

Для подтверждения работоспособности конструкции бака ракеты-носителя необходимо:

- Произвести расчеты до и после внедрения армирующего вещества.
- Проанализировать преимущественные данные выборного материала и его перспективное использование в будущем.
- Изучить строение баков ракет носителей и принципы их построения.

- Произвести расчеты на запас прочности бака.
- Разработать схемы нагрузок цилиндрического бака из композита.

Анализ внедрения модификационных композитных материалов в качестве оболочки бака ракеты-носителя. Также полученные результаты расчетов подтверждают превосходство данного используемого материала. Конструкция эксплуатируется в допустимых параметрах. Вес объекта снизится за счет замены алюминий-магниевого сплава в баках на композитный материал с модификатором (фуллерен), что позволит увеличить объем полезного вывозимого груза на орбиту Земли.

Список используемых источников:

1. Пряхин Е. И. Нанотехнологии и специальные материалы учебное пособие для вузов. / Вологжанина С.А. Петкова А. П. //2024, стр. 336.
2. ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: учебное пособие / Ю.М. Борисов [и др.]; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2014. – 88 с.
3. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы; строение, получение, применение / А.А. Батаев, В.А. Батаев; Учеб. пос. – М: Университетская книга. Логос, 2006. – 400 с.
4. Б241 Типовые решения в проектировании и конструировании элементов ракет-носителей: учеб. пособие / Д.А. Баранов, В.Д. Еленев. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020 – 112 с.: ил.

Автоматизированная информационная система учебного дополнительного образования

Жубатканова А.Ж.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Автоматизированная информационная система для центра дополнительного образования Практически в структуре каждого образовательного учреждения функционирует центр дополнительного обучения, основными целями которого являются:

- привлечение учащихся для формирования групп по дополнительным образовательным программам;
- повышение уровня подготовки абитуриентов в отдельных предметных областях.

В большинстве случаев деятельность таких центров не автоматизирована, что приводит к необходимости выполнения множества операций вручную, включая ввод данных о студентах, расчет стоимости обучения (за один или несколько курсов), контроль платежей и т. д. Многие процессы, такие как подготовка договоров и определение стоимости обучения, выполняются с применением шаблонов в сторонних программных продуктах, таких как Microsoft Word, Microsoft Excel и другие.

В связи с этим возникает необходимость разработки автоматизированной информационной системы (АИС) для центра дополнительного образования, которая будет обеспечивать:

- регистрацию и обработку данных о студентах;
- автоматизированное формирование договоров;
- создание учебных групп и расписания занятий;
- расчет стоимости образовательных программ;
- контроль платежей и оповещение учащихся о необходимости внесения оплаты.

Разрабатываемая система будет реализована с интуитивно понятным пользовательским интерфейсом, позволяющим сотрудникам учебного центра эффективно решать поставленные задачи.

Для удобства пользователей система будет включать широкий спектр возможностей:

- регистрация учащихся (внесение их персональных данных);
- регистрация преподавателей (добавление информации о педагогах);
- формирование договоров со студентами;

- организация учебных групп (определение направления обучения, выбор предметов, формирование состава группы);
- расчет стоимости образовательных услуг;
- контроль сроков внесения оплаты и автоматизированное уведомление учащихся о необходимости платежа;
- учет поступления денежных средств;
- формирование отчетности и предоставление аналитических данных администратору учебного центра.

Разрабатываемая АИС предназначена для двух категорий пользователей:

- руководитель центра – занимается обработкой заявок на обучение, составлением договоров.
- администратор – контролирует платежи и ведет учет финансовых операций.

В системе предусмотрены разграниченные уровни доступа, что обеспечивает безопасность данных и четкое распределение обязанностей.

Разработка информационной системы предполагается на основе языка программирования Python с использованием фреймворка PyGTK. Выбранный стек технологий позволяет эффективно реализовать программный продукт, обеспечивая удобный пользовательский интерфейс и гибкую систему управления доступом.

Одним из преимуществ PyGTK является возможность автоматического создания интерфейсов на базе моделей данных, что значительно ускоряет процесс разработки. Например, для работы с заявками, договорами и платежами можно задействовать встроенные инструменты управления записями, исключив необходимость создания отдельных модулей вручную.

Фреймворк PyGTK предлагает современный, адаптивный и эргономичный интерфейс, который легко адаптируется под потребности пользователей. Логичная структура, удобное расположение элементов и быстрый доступ к основным разделам системы обеспечивают комфортное взаимодействие с программой, минимизируя время на обучение персонала.

Пользовательский интерфейс будет включать все необходимые элементы для эффективного управления образовательными процессами, включая работу с договорами, отчетностью и финансовыми операциями.

- После заключения договора со студентом администратор получает уведомление о необходимости оплаты.
- После внесения платежа руководитель центра получает подтверждение о поступлении средств, и студент получает доступ к учебному процессу.
- Возможность гибкого расчета стоимости обучения (например, если студент присоединяется к занятиям в середине месяца).

Разработка и внедрение автоматизированной информационной системы приведет к следующим улучшениям:

- оптимизация работы персонала центра за счет исключения дублирования данных и ручной обработки информации;
- ускорение обработки информации, связанной со студентами, платежами и расписанием;
- повышение точности документации и финансового учета;
- удобство хранения и доступа к отчетности для всех категорий пользователей;
- разграничение прав доступа, что позволит каждому сотруднику выполнять только свои задачи;
- отказ от использования нескольких программных продуктов** для формирования договоров и расчетов, что упростит работу с системой.

Таким образом, предлагаемая автоматизированная система позволит значительно повысить эффективность управления образовательным процессом, минимизировать затраты времени на административные операции и улучшить качество оказываемых услуг.

Проектирование системы автоматизированной сборки схемы электроиспытаний при испытаниях изделий космического назначения

Земсков Е.А.

Научный руководитель — Загоруйко С.Н.

РКК «Энергия», Байконур

Данная работа посвящена проектированию системы автоматизированной сборки электроиспытаний на вновь разрабатываемых и, частично, на существующих технических комплексах при подготовке изделий космического назначения.

В настоящее время самым распространённым методом сборки схемы электроиспытаний является ручная стыковка электросоединителей. Учитывая, что при испытании изделий космического назначения требуется подключать и отключать до нескольких десятков электросоединителей этот процесс может занимать продолжительное время. Также, при сборке схемы электроиспытаний возможны ситуации, когда к одному электросоединителю могут подключаться, поочередно, несколько кабелей (в зависимости от этапа испытаний изделия). Все это требует тщательного контроля процесса подключения. Ручная стыковка электросоединителей ограничивает возможности по автоматическому процессу проведения испытаний изделий.

Для решения данных проблем предлагается система автоматизированной сборки схемы электроиспытаний на вновь разрабатываемых и, частично, на существующих технических комплексах при подготовке изделий космического назначения. Основные задачи, которые должна будет выполнять данная система:

- проводить сборку электрической схемы испытаний в зависимости от этапа подготовки изделия;

- проводить проверку целостности цепи и сопротивления изоляции;
- выдавать информацию о текущем состоянии системы;
- иметь возможность интеграции в централизованную систему проведения испытаний.

Современное развитие элементной базы позволяет создать компактное устройство, решающее данную задачу. Использование бистабильных реле позволяет значительно уменьшить электропотребление и сохранять состояние электрической схемы, не требуя постоянного электропитания. Для управления системой планируется использование ЭВМ, управление которой будет осуществляться посредством сети Ethernet. Управление может осуществляться с рабочего места оператора или под контролем автоматизированной системы управления испытанием изделий космического назначения.

Список используемых источников:

1. Соустин Б.П., Иванчура В.И. Системы электропитания космических аппаратов — Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1994. — 318 с.

2. Петрова, Ю. А. Разработка технологии контроля сборки и испытаний космических аппаратов на основе модернизации производства. [Электронный ресурс]: магистерская диссертация: 15.04.05 / Ю. А. Петрова. — Красноярск: СФУ, 2022.

Розетта: кометная Одиссея

Исаева З.К.

Научный руководитель — Сагадинова Г.Б.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Космос всегда оставался загадкой для человечества, а одной из самых интересных его тайн являются кометы. Учёные давно предполагали, что кометы могли сыграть важную роль в формировании нашей планеты и, возможно, даже принесли на Землю воду и органические вещества, необходимые для жизни. Цель данного доклада — рассмотреть миссию автоматической межпланетной станции "Розетта" Европейского космического агентства (ESA) и её влияние на современные представления о происхождении воды и органических соединений на Земле.

Методы исследования: анализ данных, полученных с «Розетты» и «Филы», сравнение с другими кометами и астероидами

«Розетта» была запущена 2 марта 2004 года, но её путешествие к комете 67P/Чурюмова-Герасименко заняло целых 10 лет. На своём пути станция использовала гравитацию Земли и Марса, чтобы набрать необходимую скорость. В 2011 году «Розетта» была переведена в «спящий режим» для экономии энергии и оставалась неактивной почти три года. В августе 2014 года она достигла кометы и впервые в истории вышла на её орбиту, начав детальное изучение этого небесного тела.

12 ноября 2014 года «Розетта» выполнила сложную операцию по спуску модуля «Филы» на поверхность кометы. Однако посадка оказалась непростой: из-за слабого притяжения модуль несколько раз отскочил, прежде чем остановился в тени скалы, где солнечные батареи не могли нормально работать. Несмотря на это, он успел провести несколько экспериментов и передать важные научные данные на Землю, пока его аккумулятор не разрядился.

Главные открытия миссии изменили представления учёных о кометах. Было установлено, что поверхность кометы состоит из смеси пыли и льда, а её структура похожа на губку с большим количеством пустот внутри. Также «Розетта» обнаружила сложные органические молекулы, такие как аминокислота глицин и фосфор — ключевые элементы, необходимые для жизни. Это подтвердило гипотезу о том, что кометы могли приносить на Землю органические вещества. Однако анализ воды на комете показал, что её состав отличается от земного, что ставит под сомнение теорию о том, что именно кометы наполнили Землю водой.

Таким образом, миссия «Розетта» повлияла на современные представления о происхождении воды и органических веществ на Земле. Её данные показали, что кометы, вероятно, не являются основным источником земной воды, но они могли сыграть значительную роль в доставке органических соединений, необходимых для возникновения жизни.

В течение двух лет «Розетта» продолжала наблюдения, изучая, как комета изменяется по мере приближения к Солнцу. Учёные следили за испарением льда, выбросами газа и пыли, которые формировали знаменитый хвост кометы. В 2016 году миссия была завершена, и 30 сентября «Розетта» совершила контролируемое падение на поверхность кометы, передавая данные до последнего момента.

Эта миссия стала одной из самых значимых в истории космических исследований. Она дала ответы на многие вопросы, связанные с природой комет, но в то же время породила новые загадки. Полученные данные продолжают изучаться, а сама «Розетта» останется символом научного прогресса и примером того, как современные технологии позволяют заглянуть в далёкое прошлое Солнечной системы.

Список используемых источников:

1. Verdant M., Schwelm G. H. The international Rosetta mission //ESA bulletin. – 1998. – Т. 93. – С. 39-50.
2. Железняков Александр Борисович Космическая деятельность стран мира в 2014 году // Глобальная энергия. 2015. №1 (214). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kosmicheskaya-deyatelnost-stran-mira-v-2014-godu> (дата обращения: 03.02.2025).
3. Розетта – автоматическая межпланетная станция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://inspace.ru/category/solnechnaya_systema/komet/churjumova_gerasimenko/rosetta/, свободный. – Дата обращения: [11.02.2025].
4. Герасюгин С.А. Полеты автоматических межпланетных станций // Земля и Вселенная. – 2013. – № 5. – С. 20–37. – ISSN 0044-3948.

Прогнозирование районов и времени падения космического мусора на Землю

Искендеров Д.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В работе рассматривается проблема космического мусора и его потенциальной угрозы для населения Земли. Проводится анализ существующих методов прогнозирования времени

и места падения объектов космического мусора (радиолокационный и оптический), а также предлагаются новые подходы к решению этой задачи, такие как комбинация этих методов и др. Особое внимание уделяется анализу характерных участков завершающего этапа полёта объектов космического мусора, включая вход в атмосферу, спуск и удар о поверхность. Также рассматриваются перспективы научных исследований в этой области.

Существующие методы прогнозирования времени и места падения объектов космического мусора имеют ограничения и требуют совершенствования. Анализ характерных участков завершающего этапа полёта объектов космического мусора позволяет лучше понять процессы, происходящие при входе в атмосферу, спуске и ударе о поверхность.

Новые методы обнаружения и удаления космического мусора для обеспечения безопасности космической деятельности предлагаются с учетом мест падения остатков космических объектов. В работе этот вопрос рассматривается и предлагается комбинация радиолокационного и оптического методов с учетом мест падения остатков космического мусора.

В настоящее время активно изучается возможность применения искусственного интеллекта для решения проблемы космического мусора. Использование нейронных сетей для анализа данных наблюдения позволяет более точно прогнозировать траектории объектов. Искусственный интеллект открывает широкие возможности для решения проблемы космического мусора. Этот вопрос был также рассмотрен в работе.

Основные цели спутников, запускаемых с космодрома Байконур

Калмурзаев Ж.Б.

Научный руководитель — Роман Д.Б.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Космодром Байконур – один из ведущих мировых центров космических запусков, обеспечивающий выведение на орбиту спутников различного назначения. Их ключевые задачи включают фундаментальные научные исследования, мониторинг состояния Земли, развитие глобальных навигационных систем, обеспечение связи и выполнение оборонных функций.

Научные спутники позволяют изучать космос, солнечную активность, магнитное поле Земли и климатические изменения. Они также играют важную роль в астрофизике, помогая исследовать далекие галактики, экзопланеты и черные дыры. Спутники дистанционного зондирования фиксируют экологические изменения, прогнозируют природные катастрофы, отслеживают динамику лесных пожаров, ледников и помогают в сельском хозяйстве. Навигационные системы обеспечивают точное позиционирование, необходимое для транспорта, геодезии, обороны и поисково-спасательных операций. Спутники связи играют важную роль в обеспечении интернета, телевидения, радиосвязи и передачи данных, особенно в труднодоступных районах. Военные спутники используются для разведки, стратегического мониторинга, управления войсками и обеспечения кибербезопасности.

Космодром Байконур активно участвует в международных космических программах, запуская как государственные, так и коммерческие спутники, такие как OneWeb, обеспечивающие глобальный доступ к интернету. Кроме того, с Байконура запускаются научные миссии и аппараты для исследования дальнего космоса, что делает его ключевой площадкой для международного сотрудничества.

Цель нашего проекта – проанализировать современные и перспективные направления использования спутников, запущенных с Байконура, и оценить их влияние на развитие науки, технологий и общества. Мы также рассмотрим роль Байконура в будущем освоении космоса, включая проекты по изучению Луны, Марса и дальнейших планетарных миссий.

Таким образом, Байконур остается стратегически важным космическим центром, способствующим прогрессу в различных сферах жизни, от науки и экологии до обороны и международного сотрудничества.

Список используемых источников:

1. Мусабаяв Т. А. Казахстан: становление космической державы (ответы на вопросы главного редактора журнала). – 2013.
2. Ахлебинина Т. В. МЫ НЕ МОЖЕМ ЖИТЬ БЕЗ КОСМОСА //Идеи КЭ Циолковского в инновациях науки и техники. – 2016. – С. 397-399.
3. Госкорпорация «Роскосмос». Список и описание космических аппаратов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/30288/> (дата обращения: 25.01.2025).

Перспективы повышения надежности космической экипировки

Камысбаева С.М.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Космический мусор представляет серьезную угрозу для техники, находящейся в космосе, включая скафандры космонавтов. Проведен анализ мусора по следующим критериям: размер частиц, форма фрагментов, характер повреждений при столкновении.

Изучение показало, что частицы мусора могут вызывать значительные механические повреждения космического скафандра в открытом космосе. Особую опасность представляют фрагменты неправильной формы, создающие более сложные разрушения при столкновении.

Для эффективной защиты скафандров от воздействия космического мусора и других факторов проанализированы материалы, обладающие высокой прочностью, термостойкостью и стойкостью к радиации. Важно, чтобы эти материалы при этом оставались лёгкими и не ограничивали подвижность космонавта. На основе этих требований проведен сравнительный анализ различных комбинаций материалов, с учётом их способности выдерживать ударные нагрузки от космического мусора.

С помощью проведённых расчётов были оценены ключевые параметры воздействия космического мусора: ударная сила, масса частиц мусора, ударная скорость, сопротивление материалов ударам.

Проведенные расчеты на прочность позволяют выбрать различные комбинации материалов скафандра, которые смогут выдерживать ударные нагрузки и предотвращать повреждения от столкновений с космическими обломками. На основе этих результатов были предложены подбор материалов для защиты скафандров.

Кроме воздействия внешнего мусора, важным аспектом является износ и повреждения в особо уязвимых местах скафандра, таких как колени и локти. Эти участки подвергаются не только внешним ударам, но и постоянной механической нагрузке, что может приводить к снижению герметичности и повреждениям.

Для предотвращения подобных ситуаций предлагается использование самовосстанавливающихся материалов на этих участках, которые смогут обеспечить восстановление повреждённых участков скафандра, улучшая его долговечность и надёжность. Такой подход позволяет обеспечить защиту в критических местах, снижая вероятность нарушений герметичности и других повреждений.

Список используемых источников:

1. Давыдов, А. И., & Долгов, А. В. (2019). Космический мусор: угрозы и методы защиты. Космическое право и политика, 34(2), 122-135.
2. Давыдов, Л. Ж. (2020). Материалы для космических скафандров: современные технологии и их характеристики. Журнал космических технологий, 45(3), 123-135.

Разработка программного обеспечения цеха по производству полуфабрикатов

Канатов О.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Одной из актуальных проблем, с которой сталкиваются сотрудники цеха по производству полуфабрикатов, является недостаточная автоматизация процессов планирования, учета и контроля производства. В настоящее время большая часть операций, связанных с расчетом необходимого сырья, учетом производственных объемов и контролем

выполнения заказов, осуществляется вручную. Это приводит к значительным временным затратам, повышенному риску ошибок и снижению эффективности работы цеха.

В данной работе рассматривается создание подсистемы информационного обеспечения производственного предприятия, которая позволит автоматизировать деятельность сотрудников цеха по производству полуфабрикатов. Внедрение данной системы будет осуществляться с использованием платформы 1С: Предприятие 8.3, а для взаимодействия с клиентами планируется создание мобильного приложения на основе Ionic.

Для решения данной проблемы предлагается разработка и внедрение программного обеспечения, который будет выполнять следующие функции:

- учет данных;
- регистрация заявок от клиентов посредством мобильного приложения;
- расчёт загруженности сотрудников с учётом поступивших заказов;
- расчет и контроль необходимого количества сырья для изготовления полуфабрикатов;
- передача в производство сырья с наиболее близким сроком хранения;
- формирование накладной и статистических отчетов.

В результате внедрения разработанного программного обеспечения будет реализовано автоматизация работы с клиентами, обработка их заявок, расчет сроков производства, расчет и контроль необходимого объема сырья, а также автоматическое формирование соответствующих документов и отчетов.

Список используемых источников:

1. Власова Л.Г., Гончаров Д.И. Основы оперативно-производственного планирования с использованием информационной системы «1С: ERP Управление предприятием» – М.: ООО «1С-Публишинг», 2020. – 420 с.
2. Попов С.А. 1С:Предприятие. Программирование информационного обмена / Попов С.А. – М.: БХВ-Петербург, 2023. – 685 с.
3. Радченко М.Г. Разработка в системе «1С: Предприятие 8.3» – М.: ООО «1С-Публишинг», 2017. – 545 с.: ил.

Анализ и перспективы использования различных типов аккумуляторных батарей в системе обеспечения температурного режима космического аппарата

Каразым Д.Н., Лукьянова С.Д.

Научный руководитель — Абилдаева К.Ж.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Целью данной работы является анализ и определение перспектив использования различных типов аккумуляторных батарей (АБ) в системе обеспечения температурного режима (СОТР) космического аппарата. В рамках исследования планируется провести сравнительный анализ различных АБ, входящих в состав химических источников тока (ХИТ) с точки зрения их энергоэффективности, массогабаритных характеристик и пригодности для использования в условиях космического пространства.

Химические источники тока (ХИТ), в частности АБ, играют ключевую роль в обеспечении электропитания космических аппаратов, включая поддержание стабильного температурного режима. Эффективность СОТР напрямую влияет на работоспособность и долговечность бортовой аппаратуры.

СОТР является критически важной подсистемой космического аппарата, обеспечивающей поддержание оптимальных температурных условий для работы оборудования и приборов. Одним из ключевых элементов СОТР являются аккумуляторные батареи, которые используются для питания систем терморегулирования, а также для хранения и преобразования энергии. В условиях ограниченных ресурсов космического аппарата (масса, объем, энергопотребление) выбор оптимального типа источника тока становится важной задачей, требующей детального анализа.

В рамках работы проведены массовые расчеты для определения перспектив использования различных типов аккумуляторных батарей в СОТР. Учитывались такие

параметры, как удельная энергоёмкость, масса, температурный диапазон работы и срок служб. На основе этих данных проведен сравнительный анализ серебряно-цинковых, литий-ионных, никель-водородных и никель-кадмиевых аккумуляторов. Определены преимущества и недостатки каждого типа АБ с точки зрения их применения в СОТР.

По итогам исследования технических характеристик, можно сделать вывод, что литий-ионные аккумуляторы обладают наибольшей удельной энергоёмкостью и меньшей массой, что делает их предпочтительными для использования в условиях ограниченных ресурсов космического аппарата. Однако никель-водородные аккумуляторы демонстрируют более высокую надёжность и устойчивость к экстремальным температурам, что также важно для космических миссий. Никель-кадмиевые аккумуляторы, несмотря на их устаревание, продолжают использоваться благодаря их низкой стоимости и проверенной надёжности. Проведенный анализ свидетельствует, что использование литий-ионных аккумуляторов в СОТР космического аппарата является наиболее перспективным, с точки зрения энергоэффективности и массогабаритных характеристик. Однако для миссий, требующих повышенной надёжности и устойчивости к экстремальным условиям, целесообразно рассмотреть применение никель-водородных аккумуляторов. Результаты работы могут быть использованы для оптимизации проектирования СОТР и выбора типа аккумуляторных батарей в зависимости от задач конкретной космической миссии.

Список используемых источников:

1. Лелюшкин Н.В. Перспективы применения тепловых аккумуляторов в системах обеспечения теплового режима малых космических аппаратов. – Космонавтика и ракетостроение, 2019, вып.6 (111).
2. Петровичев М.А., Гуртов А.С. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов: Учеб. пособие. – Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 87 с.

Разработка интеллектуальной системы анализа лиц и эмоций по видеопотоку Карнаухов С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современные технологии компьютерного зрения и искусственного интеллекта позволяют автоматизировать процесс распознавания лиц и эмоций на основе видеопотока. Разрабатываемая система предназначена для автоматизированного распознавания лиц и анализа эмоций в режиме реального времени с видеопотока. Она использует передовые методы машинного обучения и компьютерного зрения, включая сверточные нейронные сети, каскады Хаара и модели глубокого обучения, такие как FaceNet и DeepFace.

Интеллектуальная система способна: идентифицировать лица с высокой точностью даже при изменении освещения и угла обзора; определять ключевые эмоции (радость, гнев, удивление, страх) с помощью моделей глубокого обучения; анализировать поведенческие аспекты для выявления аномалий и потенциальных угроз; работать в реальном времени, обеспечивая мгновенную реакцию на изменения в видеопотоке.

Основная область применения разрабатываемой интеллектуальной системы – безопасность и видеонаблюдение для выявления подозрительного поведения.

Также данную интеллектуальную систему возможно использовать в других областях применения: маркетинг и бизнес-аналитика для анализа эмоций клиентов для оценки их реакции на продукты и рекламу; здравоохранение для мониторинга эмоционального состояния пациентов, диагностики депрессии и тревожных расстройств; образование для анализа вовлеченности студентов в учебный процесс;

судебная экспертиза для анализа мимики, выявления лжи и мошеннических действий.

Преимущества интеллектуальной системы:

высокая точность – использование современных нейросетевых архитектур обеспечивает минимальную ошибку в распознавании.

гибкость – система может интегрироваться с различными аппаратными платформами и облачными сервисами.

автоматизация и масштабируемость – возможность обработки видеопотока в режиме реального времени без значительных затрат ресурсов.

Список используемых источников:

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
2. Кухарев Г.А., Кменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии – СПб.: Политехника, 2013. – 388 с.
3. Parkhi O.M., Vedaldi A., Zisserman A. Deep Face Recognition – [Электронный ресурс] – URL: <https://scispace.com/papers/deep-face-recognition-163wh6e4b2> (дата обращения 26.02.2025).

Разработка системы визуализации результатов дискретной обработки сигналов

Костенко В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Объектом автоматизации является деятельность преподавателя и обучающихся по дисциплине «Системы цифровой обработки сигналов». Направление «Информатика и вычислительная техника» содержит дисциплину «Системы цифровой обработки сигналов». Дисциплина рассматривает основы цифровой обработки сигналов. При выполнении лабораторных работ обучающиеся приобретают необходимые знания в области обработки сигналов. Предметная область рассматривается на основе лабораторной работы на тему «Исследование процессов дискретизации и восстановления сигналов».

Разработка системы визуализации дискретной обработки сигналов представляет собой средство для углубленного изучения дисциплины.

Система обеспечивает следующие функции:

- 1) имитацию работы следующих устройств:
 - генератор: визуальное интерактивное задание параметров работы источника сигнала (форма (сумма синусоид), амплитуда, частота);
 - осциллограф: визуальное отображение исходного сигнала, дискретных отсчётов, восстановленного сигнала, а также отображение одновременно нескольких сигналов на одном экране (с изменением масштаба по амплитуде и оси времени);
- 2) определение Фурье-образов для полученных числовых последовательностей (с отображением на графиках действительной и мнимой составляющих);
- 3) аналитическое задание входного сигнала;
- 4) расчёт погрешности значений восстановленного сигнала по сравнению с исходным в зависимости от выбранной частоты;
- 5) экспорта информации в формате «*.xls»;
- 6) выбор метода математической интерполяции для восстановления сигнала;
- 7) шаблонное задание сигнала (пилообразного, прямоугольного, синусоидального).

В рамках конференции подробно рассматривается разработка функций шаблонного задания вида исходного сигнала и восстановления сигнала по его дискретным отсчётам в соответствии с выбранными интерполяционными методами. Рассматриваются виды и формы сигналов, а также влияние методов математических интерполяций на восстановление сигналов.

Список используемых источников:

1. Костенко В.Д. ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 40(294). [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibac.info/journal/student/294/352141> (дата обращения: 08.12.2024).
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов / А.Б. Сергиенко. – 2-е изд. – М.; СПб.; Нижний Новгород [и др.]: Питер, 2006. – 751 с.

3. Волков Е.А. Численные методы: учебное пособие / Е.А. Волков. – 2-е изд. – М.: Издательство «Наука», 1987. – 248 с.

Гибридные материалы для многоразовых ракет

Куанышова Д.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Разработка возвращаемых летательных аппаратов является актуальной задачей современной космонавтики. Повторное использование ракетных ступеней позволяет снизить стоимость запусков, уменьшить загрязнение окружающей среды и повысить экономическую эффективность космических программ. Одним из ключевых направлений является разработка новых материалов, обеспечивающих минимизацию массы, высокую прочность и устойчивость к экстремальным условиям.

В качестве объекта исследования выбрана первая ступень ракеты-носителя (РН) «Ангара-2» с возможностью её повторного использования. Для повышения её эффективности предлагается заменить традиционные дюралюминиевые сплавы на более лёгкие и прочные гибридные материалы.

Рассматривается возможность применения композиционного материала на основе аэрографита и керамики (армированной металлическими частицами), для оболочки корпуса первой ступени. Такой подход позволит значительно снизить массу конструкции и повысить её прочностные характеристики. Применение гибридных материалов также позволит улучшить термостойкость и стойкость к механическим повреждениям.

Обоснование выбора гибридных материалов и оценка их эффективности проводится на основе массово-прочностных расчётов с учётом влияния внешних факторов, таких как перепады температуры, атмосферное давление и аэродинамические нагрузки на траектории спуска.

Результаты расчётов позволяют определить оптимальную конструкцию оболочки с учётом минимального веса и максимальной прочности, подтвердить её способность воспринимать ударные и аэродинамические нагрузки, а также оценить экономическую целесообразность применения в многоразовых ступенях, что значительно повысит эффективность запусков и снизит их стоимость.

Список используемых источников:

1. Фролов Ю. В. – Композиционные материалы в авиации и космонавтике. – М.: Машиностроение, 2018.
2. Клементьев А.Н., Воронов В.А. – Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2017.
3. Масленников А.В., Орлов А.В. – Современные керамические материалы и технологии их получения. – М.: Наука, 2020.
4. В. П. Лукин, В. Н. Селезнёв – Материалы и конструкции в аэрокосмической технике. – М.: МАИ, 2019.

Анализ и перспективы использования цифровых активов в современной экономике

Кумиспай А.Х.

Научный руководитель — Вербицкая О.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современный период криптоактивы все увереннее интегрируются в мировую денежную систему благодаря росту популярности блокчейн-технологий, популяризации децентрализованных финансовых сервисов (DeFi) и появления цифровых государственных валют. Тем не менее, массовое принятие криптовалют сопряжено с серьёзными препятствиями: непредсказуемостью курса, уязвимостью перед киберпреступностью и отсутствием единого правового регулирования.

В рамках анализа подчеркиваются следующие аспекты:

- эволюция криптосферы в контексте глобальной экономической трансформации;
- влияние на классические финансовые структуры, включая банковский сектор и фондовый рынок;
- возможные стратегии регулирования: создание международных стандартов для цифровых активов;
- развитие сценариев адаптации к новым условиям в мировой экономике. Целью исследования является всестороннее изучение потенциала криптовалют, их воздействия на финансовые институты и поиск оптимальных путей интеграции цифровых активов в глобальное хозяйство.

Криптовалюты и цифровые активы активно меняют ландшафт мировой экономики, становясь драйверами инноваций в сфере финансов и платежей. Судьба этой новой эры определяется рядом ключевых факторов: технологическим прогрессом, регуляторной средой, общественным восприятием и степенью интеграции с классической экономикой.

На стороне возможностей:

- Внедрение децентрализованных финансовых систем (DeFi) расширяет горизонты инвестирования и кредитования, делая финансовые услуги более доступными.
- Нон-финансовые токены (NFT) открывают новые рынки, такие как цифровое искусство и коллекционирование.
- Цифровые валюты центральных банков (CBDC) обещают революцию в платежных системах и международных расчётах.

Однако на пути к массовому распространению стоят серьёзные препятствия:

- Высокая волатильность курсов криптовалют создаёт неопределённость для участников рынка.
- Угроза киберпреступности и недостаточная защита данных становятся серьёзными рисками.
- Отсутствие чёткого правового регулирования усложняет процесс принятия и внедрения новых технологий.

Таким образом, криптосфера стоит на перепутье между потенциальной финансовой революцией и необходимостью преодоления существенных вызовов, что требует комплексного подхода к развитию и регулированию этой сферы.

Список используемых источников:

1. Жуков А.В. Цифровые валюты: перспективы и риски // Финансовая аналитика: проблемы и решения, 2021, №3, – С. 45–56.
2. Костин В.А. Государственное регулирование криптовалют: мировой опыт и перспективы // Журнал экономических исследований, 2022, №2, – С. 78–92.

Автоматизированная информационная система формирования пакета (потока) телеметрической информации в режиме реального времени

Курчин И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В настоящей работе представлена автоматизированная информационная система выбора в режиме реального времени источника телеметрической информации с наименьшими показателями зашумленности и последующей передачей её конечным потребителям.

В одном из подразделений ракетно-космического предприятия процесс выбора наилучшего источника телеметрической информации (далее – ТМИ) выполняется операторами ПЭВМ вручную, путем визуального сравнения показателей графиков, отображающих уровень сигнала и информативность обрабатываемой частоты.

ТМИ поступает в подразделение от источников, представляющих собой комплекс радиотехнических средств, дислоцируемых на различных участках траектории полета динамического объекта. После анализа и выбора наилучшего источника, информация в режиме реального времени перенаправляется потребителям: центр сбора информации;

конструкторское бюро; репортажная группа, которая обеспечивает видеотрансляцию процесса полета объекта в средства массовой информации и т.д.

Во время проведения опытно-испытательных работ, оператору необходимо провести аналитический анализ графиков, отображающих качество принимаемой информации, после чего назначается источник и указывается приоритетным для выдачи, в следствии этого растет время обработки информации. По причине не оперативности принятия решений оператором и отсутствия возможности вести учет действий оператора, возникает вероятность передачи поврежденного пакета ТМИ потребителям, что является недопустимым.

На основании вышеизложенного, разработана автоматизированная информационная система автоматического выбора источника ТМИ, с использованием методики сравнения полученных пакетов информации от различных источников с наименьшими показателями зашумленности и последующей передаче её потребителям.

Система включает в себя базу данных, содержащую информацию о всех источниках и потребителях ТМИ, логирование всех действий оператора и системы в целом, учет всех проводимых опытно-испытательных работ в системе за заданный период, отображение в реальном масштабе времени процесс выбора источника с визуальным отображением задействованного источника(-ов) ТМИ и потребителя ТМИ, реализация возможности оперативного вмешательства оператора в процесс выбора источника ТМИ, в случае возникновения нештатной ситуации в работе системы.

Данная система реализованных на практике аналогов не имеет, ввод данной АИС в эксплуатацию позволит снизить количество задействованных работников организации и единиц техники ПЭВМ, участвующих в анализе потоков ТМИ, при проведении опытно-испытательных работ, что является основополагающим аспектом, обеспечит автоматизацию процесса выбора источника ТМИ, целостность потока ТМИ источник-потребитель, повысит качество и информативность передаваемой информации. Данная АИС имеет большую перспективу в масштабируемости, вплоть до отказа от присутствия операторов в целом, поскольку система может иметь полную автоматизацию при дальнейшей разработке.

Фильтрация загружаемых данных на примере расширения для браузера Лаухин Н.С.

Научный руководитель — Ашимов А.Н.
Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современном мире технологии очень быстро развиваются, аналоговое оборудование сменяется электронным, в связи с этим вопрос о цифровой безопасности становится все более актуальным. Одним из наиболее распространенных способов взаимодействия с другими устройствами является браузер, который используется не только для взаимодействия с сетью интернет, но также является интерфейсом взаимодействия с электронными устройствами (Например, настройка роутера, управление различными устройствами вроде систем умного дома). Загрузка непроверенного контента представляет угрозу для безопасности передачи информации и снижения рисков сбоя в работе системы. Как следствие, появляется необходимость в анализе ситуации, когда устройство пользователя загружает непроверенный контент, и поиске способа заблокировать процесс получения вредоносных данных. В процессе наблюдения за ситуациями, в которых устройство пользователя загружает данные без предупреждения, можно определить, что наиболее наглядно будет рассматривать интернет-рекламу. На примере интернет-рекламы будут продемонстрированы методы блокировки загрузки нежелательного контента. Для этого будет использоваться расширение для браузера которое будет блокировать все элементы страницы, которые исходят из источников, которые будут совпадать с элементами выбранного списка фильтров. Такой подход позволит использовать пользовательские списки фильтров и создавать собственные на основе своих потребностей. Подобные расширения требуют знания JavaScript, HTML и CSS, в следствии чего они позволяют полноценно понять азы веб-разработки.

Управление деловой карьерой в организации

Малышева А.М.

Научный руководитель — Альмухаметова Э.Р.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Индивид строит карьеру, зачастую используя свои профессиональные способности, которые затем развивает всю жизнь. Если карьерного роста на работе нет, сотрудник перестает к чему-то стремиться, не выполняет работу качественно и в срок. Для него данная организация становится только временным местом работы. В связи с этим, в любой компании важно совершенствовать процесс управления карьерой персонала организации. Ведь результативное управление карьерой положительно влияет на эффективность деятельности самого хозяйствующего субъекта. В этом и заключается цель исследования.

Основными методологическими аспектами карьеры являются такие как содержательный, субстанциональный, структурный, функциональный и морфологический. Каждый аспект карьеры очень ценен и применяется при комплексном исследовании карьерного роста всех трудовых ресурсов в любой российской компании.

Осуществляя трудовой процесс, любой сотрудник организации, придерживается своего сценария развития успешной карьеры. Различают четыре основных модели карьеры такие как «трамплин», «лестница», «змея» и «перепутье». Какую модель карьеры применить зависит от самой организации, от ее специфики деятельности, а также и от самого работника.

Компании используют различные виды деловых карьер организации. Различают внутриорганизационную, межорганизационную, специализированную, вертикальную, горизонтальную, скрытую, ступенчатую и другие виды карьер [1].

На практике существуют этапы карьеры персонала, такие как: «предварительный», «становления», «продвижения», «сохранения» и «завершающий» этап. Каждый этап карьеры важен для сотрудника. По этим этапам можно проследить все периоды рабочей деятельности индивида в компании. Таким образом, управление деловой карьерой это важный процесс в жизни каждого работника, так как именно он служит каналом социальной мобильности человека.

Список используемых источников:

1. Верпатова, Д.А. Кадровая политика как стратегия управления персоналом / Д.А. Верпатова // Инновации, наука, образование. – 2021. – №27. – С.505-508.

Анализ моделей, оптимизирующих серверные решения на основе искусственного интеллекта

Меньшикова Е.С.

Научный руководитель — Павлов В.В.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В условиях стремительного развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) перед бизнесом встает вопрос выбора оптимальных серверных решений для поддержки ИИ-проектов. Эффективное использование вычислительных ресурсов становится ключевым фактором для снижения затрат и повышения производительности.

Целью работы является анализ современных серверных решений для задач ИИ, включая облачные и локальные платформы, а также разработка рекомендаций по выбору и оптимизации инфраструктуры для бизнеса.

Искусственный интеллект находит широкое применение в различных сферах бизнеса, помогая компаниям повышать эффективность производства и снижать затраты. Кроме того, ИИ играет важную роль в анализе больших данных, где он используется для прогнозирования спроса, оптимизации цепочек поставок и выявления аномалий в финансовых операциях, что помогает компаниям минимизировать риски и принимать более обоснованные решения.

Для реализации этих задач бизнесу необходимо выбирать между облачными и локальными серверными решениями, учитывая их преимущества и недостатки.

Облачные платформы, такие как AWS, Google Cloud и Microsoft Azure, предлагают гибкость и масштабируемость, а также избавляют от необходимости поддерживать собственное оборудование. Однако их использование может быть дорогостоящим при длительном применении, а также создает зависимость от провайдера.

Локальные серверы, напротив, обеспечивают полный контроль над данными и могут быть более экономичными в долгосрочной перспективе, но требуют значительных начальных инвестиций и наличия квалифицированной технической поддержки.

На основе анализа предлагается подход к выбору серверных решений, который учитывает тип задачи (обучение модели, инференс или обработка данных), объем данных и вычислительные требования, а также бюджетные ограничения и долгосрочные цели бизнеса. Такой подход позволяет выбрать оптимальную инфраструктуру, которая обеспечит высокую эффективность при минимальных затратах, что особенно важно для успешного внедрения и масштабирования ИИ-проектов.

Таким образом, выбор оптимальных серверных решений для задач искусственного интеллекта является критически важным для успешного внедрения и масштабирования ИИ-проектов в бизнесе.

Список используемых источников:

1. Елизаров М.В. К вопросу о возможных сценариях развития сферы труда в контексте опережающего развития искусственного интеллекта / М.В. Елизаров // Современные социогуманитарные технологии, традиции и инновации : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Уфа, 16–23 ноября 2023 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2023. – С. 17-19.

2. Батищев А.В. Анализ перспектив и проблем управления бизнес-процессами малого бизнеса на основе технологий искусственного интеллекта / А. В. Батищев, И. В. Соловьев // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 3(53). – С. 492-497.

3. Аниканова М.А. Критериальная оценка возможности автоматизации бизнес-процессов предприятий малого бизнеса на платформе публичного облака / М.А. Аниканова А.Ф. Моргунов // Бизнес-информатика. – 2015. – № 3(33). – С. 55-64.

Космический туризм: новая граница или иллюзия доступного космоса?

Мурзахметова Н.Ш.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Кенжалиева Б.О.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Представьте: вы парите над Землёй, в иллюминаторе медленно вращается голубая планета, а под вами — бескрайняя бездна космоса. Ваш номер в отеле не имеет привычных стен, а привычный завтрак «шведский стол» превратился в герметичные контейнеры. Нет силы тяжести, нет привычных звуков, только безмолвие бесконечности... Так ли романтична эта картина, как кажется? Или же за этой иллюзией скрываются технологические вызовы, биологические ограничения и социальные барьеры, о которых пока мало кто задумывается?

В XXI веке человечество стоит на пороге новой эры — коммерческого освоения орбиты. Если ещё недавно космос был доступен лишь профессиональным астронавтам, то теперь он открывает двери для туристов. Уже к 2027 году планируется запуск первого орбитального отеля, где состоятельные гости смогут провести несколько дней в условиях микрогравитации. Но за этим грандиозным шагом стоят сложные вопросы: сможет ли космический туризм стать массовым? Каковы реальные риски — от воздействия космического излучения до экономических затрат? Готова ли мировая экономика к переходу в новую отрасль, где роскошь и высокие технологии сплетаются с экстремальными условиями выживания?

Целью данного исследования является всесторонний анализ перспектив развития космического туризма, выявление его основных проблем и оценка потенциального влияния на общество, экономику и технологический прогресс.

Задачи исследования

1. Изучить историю становления и текущее состояние космического туризма.

2. Выявить ключевые технические, экономические и социальные барьеры на пути развития отрасли.

3. Оценить возможные социальные и экономические последствия популяризации космического туризма.

4. Проанализировать перспективы технологических инноваций, направленных на повышение безопасности и доступности космических путешествий.

В рамках исследования применяются методы сравнительного анализа, систематического обзора научной литературы, а также прогнозирования на основе текущих тенденций в космической индустрии. Особое внимание уделено анализу данных о текущих проектах в сфере космического туризма и оценке их потенциального влияния на рынок.

Гипотеза: предполагается, что при условии преодоления существующих технических, экономических и социальных препятствий космический туризм может трансформироваться из элитарного развлечения в массовое явление. Это, в свою очередь, приведёт к значительным изменениям в туристической индустрии и станет катализатором дальнейшего развития космических технологий.

Космический туризм стоит на пороге превращения из мечты в реальность. Однако его будущее зависит от способности общества и науки решить комплекс взаимосвязанных проблем. Только через объединение усилий учёных, инженеров, предпринимателей и политиков возможно создать условия, при которых космические путешествия станут безопасными, доступными и этически оправданными. Готовы ли мы сделать космос частью нашей повседневной жизни? Ответ на этот вопрос определит направление развития человечества в ближайшие десятилетия.

Список используемых источников:

1. Поспелова А. В., Нёзматова А. Х. Космический туризм // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2019.

2. Маркина А. Н. Космический туризм: основные проблемы и перспективы развития // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2020.

3. Лазовская М. А. Появление и развитие космического туризма // Молодой учёный. — 2017.

4. Шипулина Л. В., Беспелюхина Е. И. Космический туризм: реальность и перспективы // Молодой учёный. — 2018.

Применение телескопа Celestron CPC800 в образовательных и исследовательских проектах

Нургабылова З.О.

Научный руководитель — Айменова К.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Телескоп Celestron CPC 800 – это мощный инструмент для наблюдения за астрономическими объектами, который сочетает в себе передовые технологии и удобство использования. Цель нашего доклада – рассмотреть его конструктивные особенности, принцип работы и возможности для астрономических наблюдений. Оптическая схема Шмидта-Кассегрена с 8-дюймовым (203 мм) апертурным объективом позволяет собирать достаточно света для детального изучения Луны, планет Солнечной системы, звездных скоплений, туманностей и галактик. Благодаря встроенной компьютеризированной системе управления и базе данных на более чем 40 000 объектов, телескоп может автоматически находить и отслеживать небесные тела, упрощая процесс наблюдений.

Особенностью Celestron CPC 800 является технология SkyAlign, которая позволяет быстро настроить телескоп, наведя его на три яркие звезды. Вилочная монтировка с приводами по обеим осям обеспечивает плавное слежение за объектами, компенсируя их движение по небу. Это делает телескоп удобным не только для любителей астрономии, но и для более серьезных наблюдений. Телескоп также поддерживает возможность подключения дополнительных аксессуаров, таких как камеры для астрофотографии, что расширяет возможности его использования.

В докладе мы рассмотрим, какие объекты можно наблюдать с помощью этого телескопа, как его конструкция влияет на качество изображения и какие преимущества дает автоматическая система наведения. Мы также обсудим опыт использования телескопа в образовательных и исследовательских проектах, а также его вклад в популяризацию астрономии среди широкой аудитории. Это позволит лучше понять, почему Celestron CPC 800 является одним из популярных инструментов для изучения космоса.

Список используемых источников:

1. Celestron. CPC 800 GPS (XLT) Computerized Telescope [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.celestron.com/products/cpc-800-gps-xlt-computerized-telescope> (дата обращения: 15.01.2025).

2. How to Use a Telescope – Celestron CPC800 – Review [Электронный ресурс] // Space Fandom. – Режим доступа: https://space.fandom.com/wiki/How_To_Use_a_Telescope_-_Celestron_CPC800-_Review (дата обращения: 20.01.2025).

3. Руководство пользователя телескопа Celestron CPC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ftplvh.4glaza.ru/products/materials/0/cpc_instruction.pdf (дата обращения: 24.01.2025).

Программное обеспечение для улучшения качества цифровых изображений

Нурумбетов Т.Д.

Научный руководитель — доцент, Кулепётова Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Задача улучшения качества цифровых изображений является теоретически и практически важной и востребованной в связи со стремительным распространением сферы использования цифровых изображений для решения различных прикладных задач.

С ростом объема цифровых изображений появляется все больше потребность в их обработке для повышения качества. Развитие технологий, включая методы глубокого обучения и суперразрешение, открывает новые возможности для улучшения изображений. Особенно важно высокое качество изображений в таких областях, как медицина, криминалистика и спутниковая съемка, где точность анализа и принятия решений напрямую зависит от качества изображений.

Объект и предмет исследования

- Объект исследования: цифровые изображения, которые подверглись воздействию шумов, размытия, имеют низкое разрешение и другие виды искажений.

- Предмет исследования: методы и алгоритмы, направленные на улучшение качества цифровых изображений, включая шумоподавление, повышение резкости и интерполяцию.

Цели исследования

1. Разработка системы улучшения изображений на основе алгоритмов и численных методов.

2. Классификация методов улучшения изображений по типам искажений.

Особенностью работы является поэтапное улучшение качества изображения на основе математических методов, направленных на устранения зашумленности, повышение резкости и контрастности изображения.

Результатом работы является программное обеспечение, реализующие используемые методы обработки цифровых изображений с целью повышения их качества.

Модульная структура программы позволит осуществлять модификацию и добавление алгоритмов для расширения функциональных возможностей программного обеспечения.

Список используемых источников:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений // Техносфера, 2012.

2. Прайт У. Цифровая обработка изображений // Мир, 1982.

3. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход // Вильямс, 2018.

Обоснование разработки информационной системы для прогнозирования потребления электроэнергии на предприятии

Обухов Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В данной работе рассматривается обоснование разработки информационной системы для прогнозирования потребления электроэнергии на предприятии ракетно-космической отрасли. В условиях увеличения количества запусков ракет-носителей и роста потребления электроэнергии в периоды подготовки к запускам важность эффективного прогнозирования становится ещё более очевидной.

В группе эксплуатации зданий и сооружений и энергоснабжения выделяется несколько задач необходимых для автоматизации:

- вся документация ведется в бумажном и электронном (Word и Excel) виде, которые составляются вручную;
- необходимость в точном прогнозировании энергопотребления для предотвращения перерасхода;
- большие объемы данных, которые генерируются в процессе эксплуатации здания и энергоснабжения, требуют эффективной обработки и анализа.

Для решения вышеперечисленных задач, предлагается разработать подсистему информационного обеспечения потребления электроэнергии с использованием алгоритмов машинного обучения и оценкой влияния различных факторов (погодные условия, план-график работ сотрудников) на объемы затрат энергии для прогнозирования потребления электроэнергии, которая будет выполнять следующие функции:

1. Введение учета:

- показаний счетчиков электроэнергии по времени (за день, неделю, месяц);
- данных о пиковом и минимальном потреблении;
- оборудование и объекты, потребляющие электроэнергию (тип, количество, рабочее время);
- данные о погодных условиях.

2. Прогнозирование объема потребления электроэнергии в течение заданного периода.

3. Уведомление о превышении норм потребления электроэнергии.

4. Формирование:

- отчета о фактическом расходе электроэнергии;
- отчет несоответствии норм потребления электроэнергии;
- отчет по влиянию внешних факторов.

В процессе разработки информационной системы для группы эксплуатации зданий и сооружений и систем энергоснабжения, необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- среда разработки должна быть объектно-ориентированной;
- язык программирования высокого уровня;
- возможность работы с базами данных.

Язык программирования Python подходит под все вышеперечисленные требования. Он обеспечивает полную реализацию поставленных задач.

Для реализации задач метода прогнозирования потребления электроэнергии выбраны такие как линейная регрессия и нейронные сети, обеспечивают точность и надёжность прогнозов, которые критически важны для эффективного управления энергетическими ресурсами на предприятиях.

В результате, применение систем для учета и прогнозирования потребления электроэнергии на предприятии решает ключевые задачи, связанные с неэффективным управлением энергоресурсами и отсутствием точных данных. Использование алгоритмов машинного обучения при внедрении системы позволит не только прогнозировать потребление энергии с учетом влияния внешних факторов, но и автоматизировать процессы учета, анализа и составления отчетности. Это обеспечит оперативное принятие решений,

снизит риски перегрузок и сбоев в энергоснабжении, а также повысит эффективность использования ресурсов в критические моменты.

Список используемых источников:

1. Космический центр «Южный». URL: <http://russian.space/129/> (дата обращения: 09.11.2024).
2. Гостевой С.А., Кудрявцев В.П. «Управление энергоресурсами на предприятии» — М.: Энергия, 2015. — 200 с.
3. Васильев С.Г., Сорокин М.Н. Эксплуатация и ремонт зданий и сооружений на космодромах — М.: Стройиздат, 2018. — 150 с.

Исследование эффективности фильтрации микроскопических снимков с использованием нейронных сетей

Раисов Р.Р.

Научный руководитель — Набатов Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Анализ микроскопических снимков играет ключевую роль в современной биологии и медицине, позволяя проводить диагностику заболеваний, изучать клеточные процессы и оценивать эффективность лекарственных препаратов. В частности, патологоанатомы, такие как специалисты в Бюро судебно-медицинской экспертизы города Байконур, ежедневно используют микроскопические исследования для установления причин смерти, выявления заболеваний и оценки состояния тканей. Качество микроскопических изображений может ухудшаться по ряду причин, связанных как с физическими ограничениями оптических систем, так и с техническими нюансами цифровой регистрации и подготовки образца. В частности, на качество снимков влияют дифракционные пределы оптики, хроматические и сферические аберрации, шум и дискретизация цифровых сенсоров, алгоритмы цифровой обработки, качество подготовки образцов, а также освещение и фокусировка. Это приводит к снижению точности автоматизированного анализа и затрудняет визуальную интерпретацию.

Повышение качества микроскопических снимков является актуальной задачей, поскольку позволяет улучшить точность и надежность результатов, получаемых при проведении исследований и диагностики. В этой связи, применение нейронных сетей для фильтрации микроскопических снимков не только уместно, но и является активно развивающейся областью исследований. Глубокие сверточные нейронные сети эффективно подавляют шум и устраняют различные оптические и технические артефакты. Методы суперразрешения, основанные на нейросетях, улучшают детализацию изображений, а нейронные сети позволяют автоматизировать сегментацию и классификацию. Инновационные алгоритмы, мультидисциплинарный подход, потребность в обработке больших данных и вопросы интерпретируемости делают данное направление перспективным и востребованным. Разработка эффективных методов фильтрации, способных удалять шум и артефакты, при этом сохраняя важные детали изображения, имеет большое практическое значение.

На данный момент существуют препятствия в разработке метода фильтрации микроскопических снимков, который бы эффективно удалял различные типы шума (например, гауссовский шум, импульсный шум, артефакты освещения), был устойчив к изменениям параметров изображения и не вносил дополнительных искажений. Существующие классические методы фильтрации часто не справляются с этой задачей, так как они могут размывать детали изображения или вносить нежелательные артефакты.

Для решения данной проблемы предложено использовать нейронные сети, обладающие способностью к обучению сложным нелинейным зависимостям. В рамках исследования рассматриваются различные архитектуры нейронных сетей, такие как автоэнкодеры и U-Net, обученные на парах «зашумленное изображение – чистое изображение». Эффективность предлагаемых методов оценивается путем сравнения с классическими алгоритмами фильтрации (например, фильтром Гаусса, медианным фильтром, фильтром Винера) с

использованием метрик PSNR, SSIM и MSE. Экспериментальная оценка проведена на различных датасетах микроскопических снимков, включающих изображения различных типов тканей органов, клеток крови, культур клеток и нейронов, полученных с использованием световой и флуоресцентной микроскопии. В частности, были использованы датасеты, описанные в работах Computational staining of pathology images to study tumor microenvironment in lung cancer и Usability of deep learning and H&E images predict disease outcome-emerging tool to optimize clinical trials, а также снимки, предоставленные Бюро судебно-медицинской экспертизы города Байконур, и другие общедоступные ресурсы.

Результаты показывают, что применение нейронных сетей позволяет достичь более высокой эффективности фильтрации микроскопических снимков по сравнению с классическими методами, обеспечивая лучшее удаление шума и сохранение деталей изображения. В ходе исследования определяются наиболее подходящие архитектуры нейронных сетей и оптимальные параметры обучения для различных типов изображений, а также оценивается возможность их применения для решения задач автоматизированного анализа микроскопических снимков.

Автоматизированная информационная система распознавания патологий на основе результатов неинвазивных исследований органов с использованием нейронных сетей

Рукавичников А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Одной из ключевых проблем в медицинской диагностике является своевременное и точное выявление патологий на основе результатов неинвазивных исследований, таких как маммография [1]. В настоящее время анализ снимков требует значительных временных затрат со стороны врачей-рентгенологов, а человеческий фактор может приводить к диагностическим ошибкам [1, 2]. Развитие технологий искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, открывает новые возможности для автоматизации диагностики и снижения вероятности ошибок [3].

Решением данной проблемы является разработка автоматизированной информационной системы, использующей нейронные сети для распознавания патологий. Система будет предоставлять следующий функционал:

1. Распознавание аномалий на маммограммах. Алгоритмы нейросетевого анализа выявляют опухоли, кисты, микрокальцинаты и другие патологические изменения, помогая рентгенологам точнее интерпретировать снимки и направлять пациентов на дальнейшее обследование [4].
2. Сравнение текущих снимков с предыдущими исследованиями для оценки динамики изменений и выявления новых патологий.
3. Классификация аномалий. Система определяет, являются ли обнаруженные образования злокачественными или доброкачественными, что помогает врачам выбрать дальнейшую тактику диагностики и лечения.
4. Выделение подозрительных областей, требующих внимания специалиста.
5. Формирование протокола о маммографическом исследовании, который содержит описание выявленных аномалий, рекомендации по дальнейшим обследованиям (например, УЗИ, биопсия) и оценку состояния тканей.
6. Цифровая обработка маммографий. Включает сканирование, а также хранение снимков в медицинской базе данных с возможностью последующего анализа и сравнения.

Программная реализация системы основана на современных технологиях машинного обучения и компьютерного зрения. В качестве инструментария используются фреймворки, обеспечивающие высокую точность распознавания изображений в среде Java. Для удобного взаимодействия с системой будет разработан интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

Разработка автоматизированной системы распознавания патологий на основе нейронных сетей позволит повысить точность диагностики, сократить время анализа медицинских изображений и снизить вероятность ошибок, обусловленных человеческим фактором. Внедрение таких технологий в клиническую практику может значительно улучшить качество медицинских услуг и повысить эффективность выявления патологий на ранних стадиях.

Список используемых источников:

1. Никитина, А. С. Актуальные вопросы маммографии. – Пермь: ПГМУ, 2021. – 175 с.
2. Тихонова, Е. В. Проблемы и перспективы маммографии. – Омск: ОмГМУ, 2021. – 185 с.
3. МакКинни С.М. и др. Международная оценка системы искусственного интеллекта для скрининга рака молочной железы // Nature. – 2020. – Т. 577, № 7788. – С. 89–94.
4. CUPrum. Маммография [Электронный ресурс] // CUPrum Media. – 2023. – URL: <https://cuprum.media/spravochnik/mammografiya> (дата обращения: 21.02.2025).

Разработка автоматической кормушки для животных на базе LEGO Mindstorms EV3 в условиях космического пространства

Рысбаев Н.Б.

Научный руководитель — Калимбетова Ж.К.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В условиях активного освоения космоса возникает необходимость создания благоприятных условий для существования и питания животных, отправляемых на орбиту. Актуальность данного проекта связана с обеспечением благополучия животных в космических миссиях, что критически важно для успешного выполнения длительных полетов. Разработка автоматической кормушки является важным шагом к улучшению условий жизни животных в космосе.

В рамках исследования разработана автоматическая кормушка для животных на базе LEGO Mindstorms EV3, способная точно дозировать корм с учетом специфики невесомости и обеспечивать автоматизированный процесс кормления. Гипотеза проекта заключается в том, что использование платформы LEGO Mindstorms EV3 позволит обеспечить стабильное и точное дозирование корма для животных в условиях космоса, обеспечивая надежный уход за ними на борту космических аппаратов. Гипотеза подтверждается возможностью достижения высоких показателей надежности и точности кормления.

Кормушка функционирует в двух режимах: автоматическом и ручном. Автоматический режим обеспечивает регулярное кормление по заданному графику, а ручной позволяет контролировать процесс в реальном времени. Для реализации проекта использованы датчики касания, цвета и ультразвуковые датчики. Датчики калибруются для повышения точности: датчики касания настроены на чувствительность к прикосновению, а ультразвуковые — на определение расстояния до корма. Использование современных датчиков и их калибровка обеспечивают надежную работу устройства в условиях невесомости.

Практическая значимость заключается в создании устройства, которое оптимизирует процесс кормления, обеспечивая точность и эффективность. Программирование осуществляется с помощью графического интерфейса, что упрощает настройку алгоритмов. Тестирование подтвердило высокую эффективность системы, готовую к эксплуатации в условиях невесомости. Успешное тестирование системы подтверждает ее готовность к использованию в космосе.

Разработка таких технологий станет основой для улучшения условий жизни животных и откроет новые перспективы для автоматизации процессов в космосе и на Земле, что является важным шагом на пути к будущим космическим исследованиям. Проект демонстрирует потенциал для дальнейших исследований и внедрения автоматизированных решений в различных сферах.

Перспективы развития проекта: В будущем планируется усовершенствование программы, добавив возможность удалённого контроля через мобильное приложение, а

также создание более сложных автоматизированных систем для кормления животных как в космосе, так и на Земле. Эти достижения могут значительно улучшить условия жизни животных и способствовать развитию технологий автоматизации.

Список используемых источников:

1. В. П. Глушко. М. Космонавтика. Малая энциклопедия. // Советская энциклопедия, 1970. 527 с.

2. Л.Ю. Овсяницкая, Д.Н. Овсяницкий, А.Д. Овсяницкий Курс программирования робота EV3 в среде Lego Mindstorms EV3// учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. – Москва.: Изд-во «Перо», 2016. – 300 с.

3.<https://kipmu.ru/kak-edyat-zhivotnye-v-kosmose/?ysclid=lv3c2ry062813209062>.

Автоматизированная информационная система санаторно-курортного комплекса

Сабитов А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В современных условиях, когда доступность и качество медицинских услуг приобретают особую значимость, санаторно-курортные учреждения сталкиваются с проблемой недостаточной автоматизации процессов планирования, учета и контроля медицинских процедур. В работе лечебно-оздоровительного отделения санатория «Одиссея» отсутствует внедрение современных информационных систем, из-за чего регистрация пациентов, оформление курортных листов и планирование процедур выполняются вручную. Это приводит к долгим очередям, ошибкам в расписании, сложностям с заменой процедур и пропускам со стороны пациентов. Бумажные курортные листы легко теряются, а их повторное оформление требует времени и дополнительных затрат. В случае изменений расписания или замены процедур всё приходится пересчитывать вручную, что снижает эффективность работы и вызывает неудобства как для персонала, так и для пациентов. Кроме того, пациенты нередко забывают о назначенных процедурах, что приводит к пропускам или опозданиям.

В данной работе рассматривается разработка автоматизированной информационной системы (АИС), предназначенной для управления процессами в лечебно-оздоровительном отделении санатория. Разработка будет осуществляться на платформе 1С: Предприятие 8.3, а мобильное приложение для пациентов и медперсонала – в среде Ionic.

Функциональные возможности разрабатываемого программного обеспечения будут включать:

- создание и ведение электронных курортных листов;
 - планирование и корректировка расписания процедур;
 - уведомление пациентов о времени процедур через Телеграм-бот;
 - регистрация факта посещения процедур с использованием мобильного приложения;
 - оценка качества медицинских услуг пациентами;
 - учет загруженности сотрудников с применением аппарата теории массового обслуживания (СМО);
 - формирование аналитических отчетов для руководства.
- В результате внедрения АИС:
- снизятся временные затраты на регистрацию и планирование процедур;
 - уменьшится количество ошибок при ведении документации;
 - улучшится контроль за посещаемостью и выполнением процедур;
 - повысится удовлетворенность пациентов благодаря своевременным уведомлениям и возможности оценки услуг;
 - обеспечится равномерное распределение нагрузки на персонал.

Таким образом, разработка и внедрение АИС для лечебно-оздоровительного учреждения позволит повысить уровень удовлетворенности пациентов и оптимизировать деятельность

санатория, что приведет к улучшению качества предоставляемых медицинских услуг и созданию более комфортных условий для пребывания.

Список используемых источников:

1. Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. – М.: Эксмо, 2016. – 928 с.: ил.
2. Алипова А.М. Оценка эффективности деятельности организаций санаторно-курортного комплекса // Региональные проблемы преобразуют экономику. – 2018. – № 1 (87). – С. 37-42.
3. Шинкарев А.С. Основные принципы организации санаторно-курортных услуг в России и за рубежом: сравнительный анализ // Концепт. – 2017. – № S5. – С. 37-42.

Гравитационные линзы

Самалова Л.Е., Сабирова З.Б.

Научный руководитель — Баринаева Е.Г.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

На сегодняшний день, свет – один из главных источников энергии. Все проявления энергии, нами наблюдаемые и используемые в результате многих преобразований получены из гравитационной, то есть потенциальной энергии. Свет представляет собой электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Гравитационное линзирование – это воздействие на свет фонового источника, возникающее в результате искривления пространства – времени, вызванной массой. Я думаю, что гравитационные линзы – это удивительное явление, которое открывает новые горизонты для науки и фантазии. Гравитационное линзирование – одно из наиболее значимых явлений в современной астрофизике, предсказанное общей теорией относительности Альберта Эйнштейна. Этот эффект возникает, когда массивные объекты, такие как галактики или скопления галактик, искривляют пространство-время, изменяя траекторию световых лучей от более удаленных объектов.

Гравитационные линзы позволяют астрономам изучать далекие галактики, темную материю и темную энергию, а также проверять фундаментальные законы физики. Это тема как никак актуальна и действительно интересна, потому что гравитационное линзирование является важным инструментом современной астрофизики, позволяющим изучать объекты, недоступные для прямого наблюдения. Оно играет ключевую роль в исследовании темной материи и темной энергии, проверке общей теории относительности, а также в поиске экзопланет и сверхновых.

В данном проекте исследуются принципы гравитационного линзирования, его классификация (слабое, сильное и микролинзирование), а также его применение в современной космологии и астрономии. Будут рассмотрены методы наблюдения и анализа линзированных объектов, а также их роль в изучении эволюции Вселенной.

Список используемых источников:

1. Блиох П.В., Минаков А.А. Гравитационные линзы Киев, Наукова думка, 1989, 237.
2. Гравитационные линзы и микролинзы/ А. Ф.
3. Захаров М.: Янус-К, 1997 328 с.: ил.

Влияние лунных фаз на поверхность Земли

Сарсенова А.Р.

Научный руководитель — Апбазов Ж.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Взаимодействие небесных тел и нашей планеты Земля было темой восхищения и научных исследований на протяжении многих веков. Среди этих взаимодействий особое место занимает влияние Луны, которое проявляется в различных геофизических и экологических процессах. Лунные фазы, изменяясь в течение лунного месяца, оказывают заметное воздействие на поверхность Земли, включая приливные и отливные явления, деформацию земной коры, изменения атмосферного давления и даже возможные

корреляции с сейсмической активностью. Настоящая научная работа направлена на исследование того, как фазы Луны влияют на Землю, а также на выявление взаимосвязей между космическими событиями и природными процессами на нашей планете.

Основной целью данного исследования является всесторонний анализ влияния фаз Луны на динамику Земли. Рассматриваются гравитационные силы, яркость и положение Луны, а также их воздействие на физические, экологические и геологические процессы. В частности, одной из наиболее изученных и очевидных форм влияния Луны является её воздействие на океанические приливы и отливы. Известно, что приливные силы, вызванные гравитационным притяжением Луны, играют ключевую роль в движении водных масс на Земле. Эти знания крайне важны для управления прибрежными зонами, разработки мер по борьбе с изменением уровня моря и сохранения морских экосистем.

Помимо гидросферы, Луна оказывает влияние и на литосферу. Исследования показывают, что приливные силы вызывают небольшие, но измеримые изменения в структуре земной коры, что может способствовать возникновению сейсмической активности в некоторых регионах. Хотя степень этого влияния остаётся предметом дискуссий, наблюдаются определённые корреляции между лунными фазами и частотой землетрясений. Дополнительно, изменения атмосферного давления, связанные с лунными циклами, могут оказывать влияние на погодные условия, включая формирование штормов и изменение скорости ветра.

Кроме физических процессов, Луна также влияет на биологические системы. Исследования показывают, что фазы Луны могут быть связаны с изменением поведения животных и человека. Например, существует гипотеза о влиянии полной Луны на качество сна и эмоциональное состояние человека. Некоторые исследования указывают на повышение уровня тревожности и нарушения сна во время полнолуния. Хотя этот эффект пока не получил однозначного научного подтверждения, его изучение может быть полезно для медицины и психологии.

Таким образом, исследование влияния фаз Луны на Землю представляет собой важную область научных изысканий, охватывающую различные сферы знаний – от геофизики и метеорологии до экологии и медицины. Изучение этих процессов не только способствует лучшему пониманию фундаментальных природных механизмов, но и может иметь прикладное значение для прогнозирования природных явлений, управления природными ресурсами и разработки стратегий устойчивого развития. В будущем дальнейшее исследование взаимосвязи между фазами Луны и природными процессами позволит глубже понять её роль в формировании среды обитания на нашей планете.

Список используемых источников:

1. Кенжәлиев Д. И. Аспан механикасы. – 2007.
2. Сырым Ж. С., Марат П. М. Астрономия пәнінен тапсырмалар мен жаттығулар. – 2020.
3. Ехсанова Ж. А., Рамазанова А. Е., Мукажанова Г. Ж. Блогтың оқырмандардың санасына әсер етуінің когнитивті аспектісі //ББК 1 А28. – 2019. – С. 197.
4. Дзитоєв А. М., Лаповок Е. В., Ханков С. И. Энергетический баланс и фоновая температура на входном зрачке телескопа, формируемые излучением Луны //Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2016. – №. 3. – С. 23-28.

Использование компьютерного зрения для распознавания заданного набора графических элементов (элементов электрической цепи)

Сгибнева Е.А.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Распознавание графических элементов на изображениях может использоваться в различных областях науки и технологий. Идентификация компонентов электрической цепи необходима для определения структуры схемы при расчетах (для составления топологических уравнений).

Для автоматизации процессов анализа и дальнейшего расчета электрических цепей предлагается использовать технологии компьютерного зрения – набор методов, позволяющих компьютеру «рассматривать» и анализировать изображения. Для решения данной задачи необходимо, чтобы система могла распознавать элементы электрической цепи: резисторы, источники тока и ЭДС, конденсаторы и т.д. Также, при необходимости, система должна уметь определять узлы в цепи и направление движения электрического тока (распознавать стрелки).

Для решения поставленной задачи предлагается выполнение следующих этапов:

1) обработка изображения. Применение фильтров для устранения шумов, улучшения качества изображения и выделения необходимых элементов для последующего распознавания;

2) выделение контуров на изображении. После обработки изображения выделяются наиболее четкие линии, что позволяет выделить схему электрической цепи;

3) распознавание объектов. Определение элементов схемы при помощи распознавания образов: подсчет углов для классификации фигур, или использование шаблонов.

Для реализации использования технологии компьютерного зрения – предлагается использование OpenCV – библиотеки для работы с алгоритмами компьютерного зрения.

В данной работе предлагается применение методов компьютерного зрения без использования нейронных сетей для сравнения технологий и результатов, полученных с помощью других подходов.

Предполагается, что разрабатываемый продукт будет эффективен для распознавания электрических схем, выполненных, как при помощи графических редакторов, так и вручную.

Список используемых источников:

1. Компьютерное зрение OpenCV: где применяется и как работает в Python. URL: <https://skillbox.ru/media/code/kompyuternoe-zrenie-opencv-gde-primenyaetsya-i-kak-rabotaet-v-python/> (дата обращения: 26.02.2025).

2. OpenCV. URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/opencv/> (дата обращения: 26.02.2025).

3. Автоматизированная система распознавания и расчета электрических цепей / Должанская К. А., Сгибнева Е. А., Толбаева З. Е. // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей «Энергетика и автоматизация в современном обществе» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «Санкт-Петерб. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна» — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. — 278 с.

Разработка локального сервера для развертывания моделей искусственного интеллекта

Толбаев Д.Ж.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) активно внедряются в различные сферы жизни, начиная от медицины и заканчивая промышленностью. Однако для успешного использования ИИ-моделей необходимо не только разработать эффективные алгоритмы, но и обеспечить их корректное развертывание. В этом контексте локальные серверы становятся ключевым инструментом, позволяющим решать задачи, связанные с конфиденциальностью данных, производительностью и экономической эффективностью.

Искусственный интеллект используется для решения широкого круга задач, которые можно условно разделить на несколько ключевых направлений:

Системы искусственного интеллекта, такие как чат-боты, переводчики и анализаторы текста, используются для автоматизации общения с пользователями, анализа больших объемов текстовой информации и улучшения взаимодействия между человеком и машиной.

Модели искусственного интеллекта, основанные на компьютерном зрении, применяются для распознавания изображений, видеоанализа, автономного вождения и контроля качества на производстве. Эти задачи требуют высокой скорости обработки данных и минимальных задержек.

ИИ используется для создания систем, способных принимать решения на основе анализа данных. Например, в медицине такие системы помогают диагностировать заболевания, а в финансах — прогнозировать риски и оптимизировать инвестиции, а также позволяет автоматизировать рутинные задачи, такие как обработка документов, управление запасами или мониторинг оборудования, что значительно повышает эффективность бизнеса.

Для развертывания ИИ-моделей часто выбирают локальные серверы, и на это есть несколько причин:

Локальные серверы обеспечивают полный контроль над данными, что особенно важно для задач, связанных с конфиденциальной информацией, такой как медицинские записи, финансовые данные или персональные данные пользователей. Это позволяет компаниям соблюдать строгие стандарты безопасности и соответствовать требованиям законодательства.

В долгосрочной перспективе локальные серверы могут быть более выгодными, чем облачные решения, так как они не требуют постоянных платежей за использование внешних ресурсов. Это особенно важно для компаний, которые работают с большими объемами данных и нуждаются в постоянной обработке информации.

Локальное развертывание позволяет снизить задержки при обработке запросов, что критически важно для приложений, работающих в реальном времени, таких как системы видеонаблюдения или автономные транспортные средства.

Локальные серверы могут быть оптимизированы под конкретные задачи, что позволяет достичь максимальной производительности. Они поддерживают многопоточность, логирование и обработку JSON-запросов, что делает их универсальным решением для различных задач ИИ.

Разработанный локальный сервер представляет собой эффективное решение для развертывания моделей ИИ. Он обеспечивает высокую производительность, безопасность и гибкость, что делает его привлекательным выбором для бизнеса. Сервер поддерживает многопоточность, что позволяет обрабатывать несколько запросов одновременно, а также обеспечивает логирование для отслеживания и анализа работы системы.

Развертывание систем искусственного интеллекта на локальных серверах — это эффективное решение для бизнеса, которое позволяет минимизировать затраты, обеспечить высокую производительность и сохранить контроль над данными. Локальные серверы особенно важны для задач, требующих высокой конфиденциальности, низкой задержки и долгосрочной экономической эффективности. Внедрение таких решений способствует успешному внедрению и масштабированию ИИ-проектов в различных отраслях.

Список используемых источников:

1. Дюков А.В. Проектирование архитектуры локального веб-сервера / А.В. Дюков, А.О. Сафонова Д.Ю. Белоусова // ОБРАЗОВАНИЕ. Наука. Прорыв : Сборник статей Всероссийского научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 14 октября 2024 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. – С. 58-62.

2. Пиньковецкая, Ю. С. Оценка уровня использования персональных компьютеров, серверов и локальных сетей в организациях, расположенных в разных регионах России / Ю. С. Пиньковецкая // Управление в современных системах. – 2022. – № 2(34). – С. 33-40. – DOI 10.24412/2311-1313-34-33-40.

Анализ матричного способа расчета электрических схем

Толбаева З.Е.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Матричный метод расчёта электрических цепей — один из универсальных способов анализа сложных схем. Его суть заключается в представлении системы уравнений, описывающих работу цепи, в матричной форме. Такой подход оптимизирует расчетный процесс и позволяет применять численные методы решения.

Применение матричного расчёта включает несколько ступеней. Сначала определяется состав и организация электрической схемы, а затем выводятся топологические уравнения, основанные на законах Кирхгофа, методах контурных токов и узловых потенциалов. Далее уравнения записывается в матричной форме, после чего система решается с помощью численных методов, таких как метод Гаусса или Крамера. Финальный этап — разбор и объяснение полученных данных.

В данной работе исследуются принципы разработки матричных моделей электрических цепей, анализируются алгоритмы их решения, а также оценивается оптимальность различных численных методов. Дополнительно изучаются возможности автоматизации вычислений с использованием современных программных средств, что позволяет значительно ускорить и упростить расчёты.

Матричный метод также широко применяется при моделировании электрических цепей в программных комплексах, таких как MATLAB и SPICE, что позволяет проводить анализ даже для сложных нелинейных схем. Кроме того, данный метод может быть использован при разработке систем автоматического проектирования (САПР), что существенно сокращает время на создание и проверку электрических схем.

Основной целью работы является изучение матричного метода расчёта электрических схем, выявление его преимуществ и ограничений, а также анализ его применимости в инженерной и образовательной сферах.

Практическая значимость исследования заключается в разработке методики, облегчающей проведение расчётов, а также в демонстрации возможностей автоматизации данного метода для повышения точности и эффективности анализа сложных электрических схем.

Список используемых источников:

1. Семёнов, Е. А. Система обработки компонентных данных расчётных задач и их представления в виде электрической схемы / Семёнов Е. А., Гудков А. С., Лысенко А. А. // Информационные технологии и управление : материалы 58-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18–22 апреля 2022 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2022. – С. 136. — URL: <https://libeldoc.bsu.by/handle/123456789/47929> (дата обращения: 26.02.2025 г.).

2. Автоматизированная система распознавания и расчета электрических цепей / Должанская К. А., Сгибнева Е. А., Толбаева З. Е. // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей «Энергетика и автоматизация в современном обществе» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «Санкт-Петерб. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна» — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. — 278 с.

Защита солнечных панелей от влияния космической пыли

Тулегенова А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Космическая пыль или же межзвездная пыль — это некоторая микрочастица, которая либо находится в космосе, либо из космоса оседает на Землю.

Космическая пыль состоит из силикатных соединений, чистых металлов, углеродистых соединений, льда и летучих веществ.

Космическая пыль является микрочастицей, размер которой может варьироваться от нанометров до микрометров, а скорость движения частицы может достигать до 70 км/с, что является довольно серьезной угрозой для космической техники и представляет ряд проблем, таких как микротрещины, загрязнение и затемнение поверхности, накопление электростатического заряда и всё это влияет на выработку электрической энергии для питания оборудования космических аппаратов, а именно через солнечные панели.

Рассмотрено несколько методов и проведен анализ решения проблемы влияния космической пыли на солнечные панели, такие как антистатическое покрытие, электростатическая очистка, вибрационные системы и ручная или автоматическая очистка.

В работе предлагается метод защиты солнечных панелей путем нанесения гибридного антипылевого покрытия с магнитно-полимерной защитой. Этот метод позволяет защищать солнечные панели практически от всех микро и наночастиц, находящиеся в космической пыли. После покрытия появляется ультратонкий, гладкий защитный слой на который пыли будет трудно оседать. При этом остается тонкий слой осадка, который можно будет убрать магнитным методом для случая, если на солнечной панели будет оседать большое количество металлизированных частиц железа, кобальта или никеля. Такой комбинированный подход позволяет значительно уменьшить загрязнение солнечных панелей и других поверхностей, обеспечивая долгосрочную защиту, улучшение их функциональности и повышение надежности работы солнечных панелей в условиях космического пространства.

Список используемых источников:

1. Безязыков И. А. Защита космических аппаратов от космической пыли // Молодой ученый. — 2016. — №10. — С. 21–24.
2. Петров В. Г., Сидоров Н. М. Технология удаления пыли с солнечных батарей на марсоходах // Вестник науки и образования. — 2021. — №5 (112). — С. 78–85.

3D-печать металлом для производства ракетных двигателей

Тушина А.С.

Научный руководитель — Зотин И.П.

Филиал «Байконур» РКК «Энергия», Байконур

Аддитивные технологии позволяют изготавливать сложные компоненты путем послойного наплавления материала, что дает существенные преимущества перед традиционными методами литья, механической обработки и сварки. Использование 3D-печати в аэрокосмической промышленности дает несколько ключевых преимуществ: Оптимизация конструкции и снижение массы – аддитивное производство позволяет создавать детали с более легкой и прочной структурой, в том числе решетчатые и топологически оптимизированные конструкции. Сокращение сроков производства – сложные узлы могут изготавливаться за считанные дни, в отличие от недель и месяцев при традиционном методе. Снижение затрат на производство – уменьшается расход материалов, а также исключаются дорогостоящие инструментальные оснастки и пресс-формы. Производство монолитных деталей – сокращается количество сборочных единиц, уменьшается количество соединений и потенциальных точек отказа. Гибкость в разработке – возможность быстрого прототипирования и модификации конструкций без необходимости создания новых оснасток. На сегодняшний день 3D-печать активно используется в производстве различных компонентов ракетно-космической техники: Ракетные двигатели. Печать камер сгорания с интегрированными системами охлаждения, что снижает массу и увеличивает эффективность. Изготовление сложных геометрических элементов, таких как газовые коллекторы и топливные инжекторы. Примеры: SpaceX использует 3D-печать для деталей двигателей SuperDraco и Raptor. Relativity Space печатает практически все компоненты двигателей Aeon 1 и Aeon R. В России ведутся разработки печатных элементов для двигателей семейства РД (РД-191, РД-171МВ). Структурные элементы ракеты. Печать легких и прочных корпусов топливных баков из алюминий-литиевых сплавов и композитных материалов. Производство силовых элементов конструкции, таких как переборки, лонжероны и ферменные структуры. Механизмы и компоненты систем управления. Дроссельные клапаны, приводы, опорные элементы для инерциальных систем навигации. SpaceX – 3D-печать применяется в двигателях SuperDraco и Raptor. Использование аддитивных технологий позволило снизить сложность конструкции и ускорить производство. Relativity Space – ракета Terran R напечатана более чем на 85% с использованием металлических аддитивных технологий, включая двигатели Aeon R. NASA – проводит эксперименты с 3D-печатью для производства двигателей и деталей будущих лунных и марсианских миссий. Роскосмос и отечественные предприятия – исследования и внедрение аддитивных технологий для создания новых жидкостных ракетных двигателей и компонентов космических аппаратов. Производство в космосе – перспективные

исследования направлены на возможность 3D-печати конструкций прямо на орбите или на поверхности Луны и Марса с использованием местных ресурсов (лунного реголита, марсианской почвы). Развитие новых материалов – разработка новых жаропрочных сплавов, композитных и керамических материалов, способных выдерживать экстремальные условия космоса. Автоматизация и роботизация – создание автономных производственных комплексов, способных работать в космических условиях без участия человека. Аддитивные технологии в ракетостроении – это не просто экспериментальное направление, а реальный инструмент, который уже активно применяется крупнейшими космическими компаниями. Они позволяют значительно сократить время разработки, снизить затраты и улучшить характеристики космической техники. В будущем 3D-печать может стать ключевым элементом освоения дальнего космоса и строительством инфраструктуры на других планетах. Технология 3D-печати открывает новые возможности для ракетостроения, особенно в части быстрого прототипирования и оптимизации двигательных систем. Применение аддитивного производства для изготовления опытных образцов двигателей способствует:

- Ускорению цикла разработки и испытаний.
- Созданию более сложных и оптимизированных конструкций.
- Снижению затрат на разработку и тестирование.

Список используемых источников:

1. Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer.
2. Журнал «Aerospace Manufacturing and Design». Статья «Аддитивные технологии в ракетостроении: инновационные подходы».
3. Wikipedia (ru) – Статья Аддитивное производство. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аддитивное_производство.

Самоуничтожающиеся файлы

Уразбаев М.А., Гайдаров Т.А.

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

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В условиях растущих угроз утечек данных важно разрабатывать эффективные методы защиты информации. Одним из таких методов является механизм самоуничтожения файлов после выполнения заданных условий.

В данном исследовании описывается разработка программного обеспечения, позволяющего пользователям создавать самоуничтожающиеся файлы с заданными параметрами, что повышает уровень безопасности данных. В рамках исследования анализируются существующие методы криптографической защиты, включая алгоритмы шифрования (AES-256) и механизмы самораспаковывающихся контейнеров (.exe), позволяющих использовать файлы без установки дополнительного ПО.

Также рассматриваются практические сценарии применения технологии: защита корпоративных и личных данных от несанкционированного распространения, обеспечение конфиденциальности временной информации, использование в кибербезопасности для защиты критических данных, программное обеспечение разрабатывается с удобным графическим интерфейсом, упрощающим процесс создания защищённых файлов.

В результате исследования предлагается инструмент, способный повысить уровень защиты данных в цифровой среде, минимизируя риски утечек информации.

Основные механизмы самоуничтожения включают:

- таймер — файл удаляется через определённое время после первого открытия, что полезно для временных данных;
- ограничение числа открытий — файл можно открыть лишь определённое количество раз, после чего он уничтожается, обеспечивая одноразовый доступ;
- защита от копирования — файл удаляется при попытке его переноса на другое устройство без авторизации, предотвращая утечку данных;
- контроль несанкционированных изменений — если содержимое файла модифицировано без разрешения, он автоматически уничтожается;

- парольная защита — файл можно открыть только при вводе правильного пароля;
- превышение разрешённого количества неверных попыток приводит к его удалению, ограничение по устройству и IP — файл уничтожается, если открыт на неподтверждённом устройстве или из подозрительной сети (VPN, TOR).

Список используемых источников:

1. Шнайер, Б. Прикладная криптография: протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си / Б. Шнайер. — Москва: Триумф, 2003. — 806 с.
2. Бауэр, Ф. Расшифрованные секреты: методы и принципы криптологии / Ф. Бауэр. — Москва: Мир, 2007. — 550 с.
3. Алферов, А. П. Основы криптографии / А. П. Алферов, А. Ю. Зубов, А. С. Кузьмин, А. В. Черемушкин. — Москва: Гелиос АРВ, 2001. — 479 с.
4. Мао, В. Современная криптография: теория и практика: пер. с англ. / В. Мао. — Москва: Издательский дом «Вильямс», 2005. — 763 с.

Перспектива проектирования сжигаемых головных обтекателей ракет-носителей, как варианта решения проблемы районов падения

Утемуратов Е.У.

Научный руководитель — Абильдаева К.Ж.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Работа посвящена исследованию и проектированию сжигаемых ГО, изготовленных из современных материалов, включая полимерные композиции, обладающие легкостью, термостойкостью и другими физико-механическими характеристиками. Цель работы направлена на решение научно-технической задачи по снижению площадей районов падения (РП) отделяющихся элементов конструкции ракеты-носителя (РН).

В результате внедрения сжигаемых головных обтекателей возможна не только значительная оптимизация районов падения, но и соответствие современным экологическим стандартам, что делает космические запуски более устойчивыми. Исследование подчеркивает важность интеграции этих технологий в практику ракетостроения как шаг к безопасному и эффективному будущему космических миссий. В работе рассматриваются основные принципы проектирования, преимущества и потенциальные решения и задачи внедрения сжигаемых головных обтекателей в конструкцию РН.

Традиционные методы проектирования обтекателей часто приводят к образованию значительных площадей РП, что приводит к риску для населения и окружающей среды. Сжигаемые головные обтекатели представляют собой инновационное решение, которое может значительно снизить эти риски. Эти обтекатели разрушаются в атмосфере во время сплошной фазы полета, что позволяет избежать падения крупных обломков на Землю. Применение современных материалов, таких как полимерные композиции и другие легкие и термостойкие вещества, открывает новые горизонты для проектирования более эффективных и безопасных систем.

Таким образом, проектирование сжигаемых головных обтекателей не только отвечает требованиям безопасности, но и соответствует современным экологическим стандартам. Введение таких технологий в практику может стать важным шагом к более устойчивому будущему космических запусков, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду и повышая общую эффективность ракетных систем. Исследование и разработка сжигаемых головных обтекателей становятся актуальными и необходимыми для дальнейшего прогресса в области аэрокосмической техники.

Список используемых источников:

1. Космонавтика и ракетостроение Науч.-техн. журн.. 2023, вып. 2 (131). — 2023.
2. В. И. Трушляков, Д. Ю. Давыдович. Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия.
3. Козленко, А. П. Анализ конструктивных решений днищевых обтекателей для повышения гидроакустических характеристик судов в условиях глубоководных районов Охотского моря и рекомендации по их оптимизации / А. П. Козленко, Денис Цзи. — Текст :

Применение перспективных материалов для повышения эффективности, защиты от космической радиации и увеличения космической скорости

Шамрадинова А.Б.

Научный руководитель — Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

Современные космические исследования требуют постоянной модификации и совершенствования технологий, позволяющих не только превзойти и улучшить эффективность космических аппаратов и установок, но и обеспечить их защиту в экстремальных условиях. Данными условиями являются: космическое излучение, космическая радиация, космический вакуум, (что приводит к дегазации материалов, вследствие вызывая их разрушение). В данный момент ученые и инженеры осуществляют работы над созданием новых материалов и технологий, которые способны сделать освоение космоса безопаснее, быстрее и эффективнее.

В данной работе рассматриваются ключевые подходы к решению этих задач, основываясь на современных исследованиях и разработках.

1. Радиозащитные материал для космических аппаратов.

1.1. Водородосодержащие материалы.

Водород способен эффективно рассеивать заряженные частиц, что делает такие материалы перспективными для использования в защитных экранах космических аппаратов и обитаемых модулей.

Наиболее перспективные материалы:

- Полиэтилен высокой плотности (UHMWPE) — используется в космических модулях благодаря легкости и высокой радиационной стойкости.

- Гибридные полимерные структуры — объединяют свойства полиэтилена с механической прочностью композитов.

1.2. Сверхпроводники как защита от радиации. Использование магнитных ловушек и плазменных щитов позволит снизить радиационную нагрузку на аппарат дальнего космоса.

2. Перспективные технологии разгона космических аппаратов включают:

- Электромагнитные ускорители (магнитоплазменные двигатели, VASIMR) — усовершенствованное двигательное устройство, способное нагревать плазму до температуры до пяти миллионов градусов, — это магнито-плазменный двигатель с переменным импульсом VASIMR. С помощью этого мощного двигателя астронавты смогут добраться до Марса всего за 45 дней, что будет существенным улучшением по сравнению с нынешним периодом путешествия, составляющим почти 6 месяцев.

- Квантовые двигатели и плазменные реактивные системы — теоретические разработки для дальних космических миссий.

Список используемых источников:

1. Васильев В. А, Лисицын В. Ф. Физические основы космической техники https://dzen.ru/a/Y_jGHjh22Ttv9IXr.

2. «К вопросу о построении трассы космического аппарата для утилизации космического мусора и объекта космического мусора».

3. «Формирование поля захватного гамма-излучения до 10 МэВ для метрологического обеспечения приборов радиационной защиты».

4. Романов Алексей А., Романов Александр А. «Основы космических информационных систем».

Разработка программного обеспечения для управления экзоскелетами в условиях невесомости

Юрков С.А.

Научный руководитель — Павлов В.В.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур

В условиях космических миссий, особенно ввремя вне корабельной деятельности, космонавты сталкиваются с рядом физических ограничений, вызванных невесомостью. Отсутствие гравитации приводит к атрофии мышц, потере координации и повышенной нагрузке на суставы. Экзоскелеты могут стать важным инструментом для поддержки космонавтов, но их эффективное использование требует разработки специализированного программного обеспечения, которое учитывает уникальные условия космоса. Целью данной работы является создание программного обеспечения для управления экзоскелетами, которое адаптирует движения под условия невесомости, обеспечивает безопасность и повышает эффективность работы космонавтов.

Для решения этой задачи необходимо провести анализ условий невесомости, изучить физиологические и механические особенности движений в космосе, а также определить ключевые параметры, которые необходимо учитывать при разработке программного обеспечения. Это включает в себя отсутствие опоры, изменение центра тяжести и другие факторы, влияющие на движение в невесомости [1].

Разработка алгоритмов управления является важным этапом. Эти алгоритмы должны адаптировать движения экзоскелета под условия невесомости, используя данные с датчиков, таких как гироскопы, акселерометры и EMG-датчики. Например, PID-регуляторы могут быть использованы для плавного управления движением, а машинное обучение — для адаптации экзоскелета под индивидуальные особенности космонавта.

Интеграция экзоскелета с системами жизнеобеспечения космического корабля также играет важную роль. Программное обеспечение должно обеспечивать подключение к системам питания, связи и подачи кислорода, а также быть совместимым с другими бортовыми системами. Это позволит экзоскелету работать в тесной связке с инфраструктурой космического корабля [2].

Тестирование и оптимизация программного обеспечения являются заключительными этапами. Испытания должны проводиться в условиях, имитирующих невесомость, например, на борту МКС или в специальных лабораториях. Это позволит оптимизировать алгоритмы для минимизации энергопотребления и повышения надежности.

Ожидаемые результаты включают повышение эффективности работы космонавтов, улучшение безопасности и снижение энергопотребления. Экзоскелеты с адаптивным программным обеспечением позволят космонавтам выполнять задачи в открытом космосе с меньшей физической нагрузкой, а системы мониторинга и автоматического отключения снизят риски травм и сбоев. Оптимизированные алгоритмы позволят использовать экзоскелеты в условиях ограниченных ресурсов, что особенно важно для длительных миссий на Луну, Марс и другие планеты.

Пример реализации может включать алгоритм адаптации к невесомости, который использует PID-регуляторы для управления движением, и модуль обработки данных с датчиков, который фильтрует и анализирует информацию в реальном времени. Эти решения могут быть успешно применены в реальных условиях, что позволит космонавтам работать более эффективно и безопасно.

Таким образом, разработка программного обеспечения для управления экзоскелетами в условиях невесомости — это важный шаг в повышении эффективности и безопасности космических миссий. Внедрение таких технологий позволит космонавтам работать более эффективно и безопасно, что особенно важно для будущих миссий на Луну, Марс и другие планеты.

Список используемых источников:

1. Сметана В.В. Преодоление физических ограничений через призму цифрового бессмертия: философский анализ / В.В. Сметана // Интеграция науки, производства, промышленности и инноваций : Сборник статей всероссийской научной конференции,

Петрозаводск, 07 ноября 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО «Международный институт перспективных исследований им. Ломоносова», 2024. – С. 15-20. – DOI 10.58351/241107.2024.50.30.004.

2. Хурс С.П. Состояние и тенденции развития антропоморфной робототехники / С.П. Хурс, А.А. Верейкин // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2016. – № 4. – С. 25-52. – DOI 10.7463/aplts.0416.0846436.

Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)

Моделирование курсового канала система посадки СП-50

Аженов А.А.

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

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В статье рассматривается разработка компьютерной модели курсового радиомаяка КРМ системы посадки СП-50 в связи с выходом из строя лабораторного оборудования филиала МАИ «Взлёт». Целью работы является отображение сигналов КРМ, моделирование взаимодействия антенн и имитация работы устройства при различных угловых отклонениях самолёта от курса. К задачам математической модели КРМ относятся отображение сигналов курсового радиомаяка и его структурной схемы, выбор языка программирования и возможных библиотек, определение набора органов управления и отображаемой информации в модели лабораторной установки. КРМ включает три антенны: правая и левая излучают амплитудно-модулированные сигналы переменной фазы, а центральная — амплитудно-частотно модулированный сигнал опорной фазы. Система автоматической стабилизации посадочного курса регулирует сдвиг токов боковых антенн, обеспечивая совпадение плоскости посадочного курса с осью взлетно-посадочной полосы (ВПП). Курсовой радиоприёмник принимает сигналы, усиливает их и подаёт на каналы постоянной и переменной фазы. Фазовый детектор определяет разность фаз: положительная полярность свидетельствует о совпадении фаз, отрицательная — о противофазе. Модель реализована на Python с использованием Qt Designer. Интерфейс программы включает графики сигналов, индикатор курса и панель управления. Пользователь может задавать угол смещения самолёта и наблюдать результаты в режиме реального времени. Программа совместима с ОС Windows и может применяться в образовательных и исследовательских целях, в том числе при выполнении дипломных проектов.

Список используемых источников:

1. Грубов В. А. Создание графических интерфейсов с использованием Qt Designer и PyQt. — СПб.: Питер, 2022. — 376 с.
2. Дронов В., Прохоренко Н. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений. – М.: Питер, 2023. – 456 с.
3. Олянюк П.В., Астафьев Г.П., Грачев В.В. Радионавигационные устройства и системы гражданской авиации: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1983. – 320 с.
4. Методические указания к лабораторным работам «Исследование влияния помех на курсовой и глиссадный каналы радиомаячной посадки СП—50» по дисциплине «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы», филиал «Взлет МАИ, 18 стр.

Моделирование глиссадного канала система посадки СП-50

Аженов Н.А.

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

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Современные научные исследования и инженерные задачи требуют разработки и эксплуатации лабораторных установок для анализа и моделирования различных процессов. Однако эксплуатация таких установок нередко сопряжена с рисками выхода оборудования из строя, что создает препятствия для проведения дальнейших экспериментов. В статье описана математическая модель глиссадного канала. Для реализации этой модели использовался язык программирования Python, что обеспечило гибкость и широкие возможности для дальнейшего развития. Графический интерфейс модели создан с применением инструмента Qt Designer, что позволило обеспечить удобство взаимодействия пользователя с виртуальной установкой. В филиале МАИ «Взлет» создана компьютерная

модель глиссадного канала системы посадки СП-50 для исследования глиссадного канала. Глиссадный радиомаяк включает две антенны: верхняя излучает сигнал с частотой модуляции 90 Гц, а нижняя — с частотой 150 Гц. Суммарный сигнал принимается на борту самолёта, где после детектирования разделяется по каналам с фильтрами на 90 и 150 Гц. Разность постоянных напряжений воздействует на горизонтальную стрелку. Модель реализована на Python с использованием Qt Designer. Интерфейс включает график спектра разности напряжений, визуализацию положения самолёта (вид сзади и сбоку) и панель управления для запуска, остановки и сохранения результатов. Пользователь может задать угол отклонения от глиссады, а строка состояния отображает текущий режим: «Готов к работе», «Не готов к работе», «Выполнение приостановлено» или «Выполнение завершено». Программа совместима с ОС Windows и применяется в образовательных и исследовательских целях.

Список используемых источников:

1. Грубов В. А. Создание графических интерфейсов с использованием Qt Designer и PyQt. – СПб.: Питер, 2022. – 376 с.
2. Дронов В., Прохоренок Н. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений. – М.: Питер, 2023. – 456 с.
3. Олянюк П.В., Астафьев Г.П., Грачев В.В. Радионавигационные устройства и системы гражданской авиации: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1983. – 320 с.
4. Методические указания к лабораторным работам «Исследование влияния помех на курсовой и глиссадный каналы радиомаячной посадки СП-50» по дисциплине «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы», филиал «Взлет МАИ, 18 стр.

Колебания маятника и закон сохранения энергии

Жаренов Я.М.

Научный руководитель — Наталья В.Я.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Маятник представляет собой одну из наиболее интересных механических систем, демонстрирующих принципы колебательной динамики. Эта система включает в себя массу, известную как маятниковая масса или груз, который прикреплен к веревке, стержню или другому элементу. Это соединение позволяет грузу свободно колебаться вокруг неподвижной точки, называемой опорной точкой. Основным аспектом функционирования маятника является то, что он подвержен влиянию силы тяжести, что вызывает его периодические движения.

Наиболее распространенным является простой математический маятник. В этой модели груз ограничен в движении, что подразумевает его перемещение в пределах небольшого угла, как правило, менее 15 градусов. Это ограничение позволяет использовать упрощенные математические формулы для описания его поведения. Однако, если угол отклонения превышает указанный предел, поведение маятника становится более сложным и требует применения нелинейных уравнений.

Существует несколько видов маятников, которые различаются по своим характеристикам и применениям. Например, простые маятники, физические маятники и математические маятники. Каждый из этих видов имеет свои уникальные параметры и формулы, используемые для расчета их периодов колебаний. Простые маятники идеально подходят для изучения основных принципов колебательной механики, тогда как физические маятники учитывают распределение массы и форму объекта.

В физике различают несколько видов маятников:

Простой маятник — состоящий из груза, который колеблется на нерастяжимой и невесомой нити.

Маятник Фуко — демонстрирует вращение Земли, представляя собой гироскопическую систему.

Маятник с пружиной — где груз прикреплен к пружине и колебания происходят под действием силы упругости.

Закон сохранения энергии является одним из основных принципов физики, который гласит, что энергия не может быть создана или уничтожена. Вместо этого она может лишь преобразовываться из одной формы в другую. Это важно для понимания множества физических процессов, включая механические, термодинамические и электрические явления. В закрытой системе, то есть в системе, где отсутствуют внешние силы, выполняющие работу, общая сумма энергии остается неизменной. Это означает, что энергия может переходить из одной формы в другую, но ее общее количество всегда будет одинаковым. Это отношение можно выразить как $E_p = E_k$, где E_p — потенциальная энергия, а E_k — кинетическая энергия.

Приведем в пример поведение маятника. Когда маятник колеблется, его энергия постоянно меняется между двумя основными формами: кинетической и потенциальной. В верхней точке колебания, где маятник достигает своего максимального отклонения, он обладает максимальной потенциальной энергией. Это происходит потому, что он находится на наивысшей высоте относительно своей самой низкой точки, что создает возможность для работы в будущем. В это время его кинетическая энергия минимальна, так как скорость маятника в этот момент нулевая, и он временно останавливается.

Когда маятник начинает двигаться вниз, потенциальная энергия начинает преобразовываться в кинетическую. Находясь в середине своего пути, маятник будет обладать как потенциальной, так и кинетической энергией, но в разные моменты времени их соотношение будет меняться. В нижней точке своего колебания маятник будет иметь максимальную кинетическую энергию и минимальную потенциальную. Это становится ярким примером того, как энергия переходит из одной формы в другую, оставаясь при этом постоянной в пределах данной системы, что является подтверждением закона сохранения энергии.

Поэтому, изучая механические системы, такие как маятник, мы можем наблюдать наглядное применение данного закона, что делает его основополагающим в понимании физики. Этот принцип не только важен для изучения механики, но и имеет широкое применение в различных областях науки и инженерии.

Роботы на взлётной полосе: применение робототехники в авиации

Кочергин А.С.

Научный руководитель — Крухмалева Л.Л.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В современном мире, характеризующемся стремительным развитием технологий, авиация, как одна из самых динамичных отраслей, находится на переднем крае инноваций.

Автоматизация процессов, внедрение искусственного интеллекта и применение передовых материалов кардинально меняют ландшафт авиационной промышленности.

Цель проекта: Изучение принципов функционирования роботов и демонстрация их потенциала в авиации, в частности, в обслуживании воздушных судов, посредством создания макета роботизированного аэродромного тягача.

Задачи проекта:

1. Изучить основные принципы работы роботов и робототехнических систем.
2. Рассмотреть возможные сферы применения робототехники в авиации.
3. Особое внимание уделить применению роботов в обслуживании воздушных судов.
4. Создать функциональный макет аэродромного тягача в домашних условиях.
5. Продемонстрировать работу и возможности макета.

Гипотеза: применение робототехники, в частности аэродромных тягачей, в авиации может повысить эффективность, скорость и безопасность процессов обслуживания воздушных судов.

Сегодня робототехника – это стремительно развивающаяся область науки и техники, постоянно расширяющая свои границы. Исследователи работают над созданием роботов с более совершенными системами управления, улучшенными сенсорами, а также способностью к самообучению и кооперации. Роботы все больше входят в нашу жизнь, меняя наш мир и открывая новые перспективы. Робот – это программируемый механический

манипулятор, способный выполнять различные задачи без непосредственного вмешательства человека. Роботы различаются по степени автономности и типу выполняемых функций.

Ключевыми характеристиками роботов являются:

Автономность: способность робота выполнять задачу без постоянного руководства оператором.

Программируемость: возможность изменения алгоритма работы робота.

Многофункциональность: способность робота выполнять разнообразные задачи.

В качестве комплектующих роботов мы будем рассматривать: датчики (сенсоры), приводы (двигатели), системы управления (контроллеры) и манипуляторы.

Робототехника – это междисциплинарная область науки и техники, занимающаяся разработкой, созданием, применением и исследованием роботов.

Она включает в себя:

Механику: разработку механических компонентов роботов, включая их конструкцию и кинематику.

Электронику: разработку электрических схем и электронных компонентов роботов, включая датчики и исполнительные механизмы.

Программирование: разработку программного обеспечения для управления роботами и выполнения заданных алгоритмов.

Управление: разработку систем управления, обеспечивающих взаимодействие между различными компонентами робота.

Сенсорика: использование датчиков для получения информации о состоянии окружающей среды.

Интеллектуальные системы: внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ) для решения сложных задач роботами, включая принятие решений.

Электрические моторы являются наиболее распространенным типом приводов в робототехнике. Их популярность обусловлена относительной простотой конструкции, широкой доступностью, высокой точностью и возможностью управления. Выделяют несколько основных типов:

Двигатели постоянного тока (DC Motors)

Серводвигатели (Servo Motors)

Шаговые двигатели (Stepper Motors)

Бесколлекторные двигатели постоянного тока (Brushless DC Motors – BLDC)

Роботы, подобно людям, нуждаются в информации об окружающей среде. Для её получения они используют сенсоры или датчики.

Эти устройства преобразуют физические величины, такие как свет, звук, температура, давление, расстояние или положение, в электрические сигналы, которые могут быть обработаны компьютером. (Датчики движения, расстояния, освещённости, камеры, ультразвуковые сенсоры и т.д.)

Полученные от сенсоров данные поступают в систему управления, которая выполняет роль «мозга» робота. Система управления включает в себя:

Компьютер или микроконтроллер: обрабатывает информацию, поступающую от сенсоров, и выполняет заданную программу.

Программное обеспечение: определяет алгоритмы работы робота, последовательность действий и реакцию на внешние воздействия.

Система управления может быть разной сложности, от простейших контроллеров, выполняющих жестко заданный алгоритм, до мощных компьютеров, оснащенных элементами искусственного интеллекта.

В качестве объекта для практической реализации в рамках данного проекта был выбран макет роботизированного аэродромного тягача.

В результате проведенного исследования и практической реализации макета роботизированного аэродромного тягача, можно сделать вывод о большом потенциале робототехники в авиационной промышленности. Изучены основные принципы работы роботов, рассмотрены возможности их применения на взлётной полосе и в обслуживании

воздушных судов. Созданный макет продемонстрировал базовые функции, подтвердив возможность повышения эффективности и безопасности этого процесса.

Сборка беспилотника

Лагутин А.Д.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Из всех летающих платформ — самолетов, вертолетов и аппаратов на воздушной подушке — наиболее доступными и простыми в управлении являются квадрокоптеры. Когда речь заходит о них, большинство из нас представляют себе устройство с довольно скромными характеристиками, скорее как игрушку на радиоуправлении, чем серьезный «беспилотный летательный аппарат». Многие удивляются, когда возникают инициативы по внедрению квадрокоптеров в ключевые отрасли экономики, и сложно поверить, что на основе этих «игрушек» можно создать нечто действительно серьезное.

Тем не менее, технологии, стоящие за квадрокоптерами — аккумуляторы, навигационное оборудование, бортовые компьютеры — развиваются стремительными темпами. Современные профессиональные беспилотники с четырьмя роторами значительно отличаются от любительских моделей. Они способны летать под проливным дождем, в мороз и жару, могут оставаться в воздухе до часа, а управлять ими может даже ребенок. Многие серьезные компании уже разработали профессиональные аппараты, предназначенные для применения в таких областях, как промышленность, видеонаблюдение, аэрофотосъемка и военное дело. Военные рассматривают квадрокоптеры в качестве разведчиков и легких средств подавления огневых точек: способность нести небольшой вес (до 10 кг, в редких случаях – до 50 кг) позволяет оснастить их взрывчаткой или легким пулеметом. Стоимость таких устройств составляет десятки тысяч долларов. Крупные компании и государственные организации, которые чаще всего заказывают целые комплексы, оплачивают внедрение, обслуживание и установку специфического оборудования на беспилотники. При массовом производстве и определенных компромиссах в характеристиках такие модели могут стоить значительно меньше.

Квадрокоптеры также используются в спасательных операциях, метеорологии и спортивных целях. Однако до сих пор они не вышли за пределы развлечений.

Крестьянские фермерские хозяйства представляют собой рациональную и эффективную форму хозяйствования, обладающую большим запасом прочности и способностью выживать в периоды экономических трудностей. Многие предприятия и частные фирмы сталкиваются с проблемами: изношенной техникой, высокой стоимостью новых машин, горюче-смазочных материалов и электроэнергии.

Современные тенденции электродвигателя

Нежнев С.Г.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В данной проектной работе рассматриваются основные принципы работы электродвигателей, их классификация по типам (асинхронные, синхронные, постоянного тока и др.), а также область применения в промышленности, транспорте и быту. Особое внимание уделяется инновационным технологиям в проектировании и производстве электродвигателей, таким как использование электронных систем управления, материалов с высокой проводимостью и экологически чистых технологий. В ходе исследования представлены примеры эффективного использования электродвигателей для повышения энергетической эффективности и минимизации воздействия на окружающую среду. Проектная работа направлена на анализ текущего состояния отрасли и выявление перспективных направлений для дальнейших исследований и разработок в области электродвигателей. Анализируется эффективность различных типов электродвигателей, таких как асинхронные, синхронные и шаговые, а также их влияние на современную

промышленность и бытовую технику. Особое внимание уделяется вопросам энергоэффективности и инновационным технологиям в разработке электродвигателей, включая использование возобновляемых источников энергии и современные методы управления. Цель работы — провести сравнительный анализ и выявить перспективные направления для повышения производительности и устойчивости электродвигателей в условиях стремительного технического прогресса. Обзор новых технологий и тенденций в разработке электродвигателей, таких как использование новых материалов, автоматизация, интеграция с системами управления.

Проблемы и перспективы: анализ существующих проблем в производстве и эксплуатации электродвигателей и обсуждение перспектив их развития и применения в будущем, включая электромобили и возобновляемые источники энергии.

Исследование свойств космического льда в земных условиях

Онищук А.А.

Научный руководитель — Крухмалева Л.Л.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Космический лед представляет собой уникальную среду, свойства которой существенно отличаются от обычного льда. Для получения более глубокого понимания свойств космического льда и его роли в эволюции планетных систем необходимы исследования, способные моделировать его свойства в условиях, максимально приближенных к космическим. Разработка эффективных моделей, позволяющих изучать свойства космического льда в земных лабораториях, является актуальной задачей, имеющей большое значение для астрофизики, космохимии и других научных дисциплин.

Цель работы: разработать модель, позволяющую исследовать свойства космического льда в земных условиях.

Задачи работы:

1. Проанализировать существующие модели и методы моделирования космического льда.
2. Разработать собственную модель, позволяющую воспроизводить свойства космического льда в земных условиях.
3. Сравнить результаты моделирования с экспериментальными данными и литературными источниками.
4. Изучить способы применения космического льда.

Гипотеза: космический лед можно получить в земных условиях для исследования его свойств.

Полученные в результате работы выводы позволяют расширить знания о свойствах космического льда, а также помогут в разработке новых методов исследования космических объектов, содержащих лед. Космос издавна интересовал людей. В 1612 году Христофор Клавий заметил темные области на поверхности луны, и предположил, что это моря, наполненные водой. После проводились экспедиции, в сумме доставившие на землю 380 кг лунного грунта, но вопрос о наличии воды оставался открытым из-за негерметичности упаковки. В 1976 году советская станция «Луна-24» доставила 170 г. Лунного грунта в идеально герметичной капсуле и после двух лет исследований обнаружили 0,1% воды. В 1994 г. Американский зонд «Клементина» обнаружил мощный сигнал, характерный для льда, в районе бассейна «Эйткен» на южном полюсе Луны. С помощью спектрометра «Лунный геолог» оценили количество воды на Луне в 1%, что соответствует 300 миллионам тонн.

В 2009 году миссия LCROSS направила ступень ракеты-носителя в кратер Кабеус, в поднявшемся облаке обнаружили водяной пар. Известно 19 фаз водяного льда, но только 8 обнаружены в космосе. Аморфный лед получается при быстром замерзании пара в вакууме,

встречается только на малой планете пояса Койпера. Лед 1с встречается в верхних слоях атмосферы Земли, выполняет функцию горных пород на космических телах. Лед 2 образует верхний слой мантии холодных тел. Лед 3 образуется при нагреве льда 2. Лед 5 появляется при нагреве льда 3. Лед 6 не тает при нуле градусов, лед 7 выдерживает температуру до 726

градусов, лед 10 находится в составе ледяных планет-гигантов. Исследование кометного льда выявило сложный состав, включающий космическую пыль, аммиак, метан, замороженные летучие органические соединения, а также монооксид и диоксид углерода. Так как модель космического льда создается в домашних условиях, следовательно, возникают сложности. Абсолютно точный макет получить невозможно, но есть шанс получить лед, который по своим свойствам и условиями создания будет приближен к необходимому. Для создания модели мне понадобилось: Медицинские шприцы (x2), Ластик, Колпачки ручек (4,5 см), Проточная вода, Кипячая вода. Морозильная камера, Секундомер, Скотч, Ножницы, Линейка. Проведено два эксперимента для изучения свойств космического льда и влияние примесей. Первый эксперимент – измерение времени таяния льда при низком давлении:

В шприц наливается 1 куб. см воды. В один проточную в другой кипяченую. Игла втыкается в ластик, поршень оттягивается и закрепляется колпачком, для надежности склеивается скотчем. При этом создается давление ниже атмосферного. Конструкция помещается в морозильную камеру, после замерзания вытаскивается и измеряется время таяния льда.

Второй эксперимент проводится в тех же условиях, но шприцы не закупориваются.

Для простоты исследования построена диаграмма зависимости времени таяния льда от давления. По вертикали номер шприца. По горизонтали время таяния, бирюзовым цветом показан лед, созданный при низком атмосферном давлении. А штриховкой – лед из проточной воды. В итоге лед, полученный при низком давлении, тает медленнее, а значит он имеет маленькую теплопроводность.

Космический лед может применяться:

1. Как Источник топлива для ракет и космических аппаратов.

2. Для Обеспечивание водой для людей.

3. Для хранения и транспортировки материалов.

4. Для Защиты от радиации.

В ходе проведенного исследования была опровергнута теория, что космический лед можно создать в домашних условиях, но можно создать приближенную модель. Россия собирается продолжать исследования на Луне в 2030 году.

Список используемых источников:

1. Как выглядит экзотический космический лед. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://hi-tech.mail.ru/news/54278-kak-vyglyadit-ekzoticheskiy-kosmicheskiy-led-ego-sozdali-v-laboratorii/?ysclid=m5tpr7nior175099323>, свободный.

2. Космический лёд. Чем отличается лунная вода от земной и можно ли её пить. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://life.ru/p/1351728?ysclid=m5tpskycmv796171284>, свободный.

3. О льдах космических, экзотических и аномальных | Есть мнение | Дзен. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://dzen.ru/a/Y5LklGQtDm_V2ipJ?ysclid=m5tpt4h95444819885, свободный.

Получение и трансформация электрического тока

Павленко Д.А.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Генератор переменного тока – это электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрическую энергию переменного тока. Большинство генераторов переменного тока используют вращающееся магнитное поле.

Трансформатор – это устройство, которое используется для изменения напряжения переменного тока. Он представляет собой комплекс из двух или более обмоток провода – первичной и вторичной, обычно разделенных изоляцией.

Основной принцип работы трансформатора заключается в использовании электромагнитной индукции. Когда переменный ток проходит через первичную обмотку

трансформатора, он порождает переменное магнитное поле в сердечнике устройства. Это магнитное поле воздействует на вторичную обмотку, вызывая в ней изменение напряжения.

Трансформаторы находят широкое применение в различных областях, включая электроэнергетику, электронику, промышленность, телекоммуникации и другие сферы, где требуется эффективное изменение напряжения переменного тока. Благодаря своей универсальности и надежности, они стали неотъемлемой частью современных технологий и обеспечивают стабильную работу многих устройств и систем.

Трансформатор – это устройство, которое преобразует напряжение переменного тока с помощью электромагнитной индукции. Принцип его работы основан на законах Фарадея и электромагнитной индукции.

Основными элементами трансформатора являются две обмотки – первичная и вторичная. Первичная обмотка подключается к источнику переменного тока, а вторичная – к потребителю. Прохождение переменного тока по первичной обмотке создает магнитное поле, которое индуцирует переменное напряжение во вторичной обмотке.

Полученное напряжение во вторичной обмотке зависит от соотношения числа витков в первичной и вторичной обмотках, которое называется коэффициентом трансформации и обозначается буквой k . Формула для определения напряжения во вторичной обмотке:

Также важным параметром трансформатора является коэффициент перекрытия обмоток, который обозначается буквой дельта (δ). Он показывает, насколько обмотки накладываются друг на друга. Чем больше значение δ , тем эффективнее работает трансформатор.

Основные потери в трансформаторе включают медные потери, магнитные потери и потери в обмотках. Чтобы уменьшить потери и повысить эффективность работы трансформатора, используются специальные магнитные материалы, а также проводы с меньшим сопротивлением.

Таким образом, принцип работы трансформатора основан на преобразовании напряжения переменного тока с помощью электромагнитной индукции и зависит от коэффициента трансформации, коэффициента перекрытия обмоток и минимизации потерь в устройстве.

Комплексная методика оценки аэродинамических, инерционно-массовых, лётных характеристик баллистических объектов с аэродинамическим поддержанием

Пряжников М.Е.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Современной авиацией могут быть решены задачи сброса баллистических объектов с их самостоятельным планированием на максимальное расстояние с обязательным выполнением условия приземления в обозначенном месте. Такие баллистические объекты могут оснащаться специальными устройствами, позволяющими обеспечить выполнение поставленных задач с максимальной эффективностью. В этой связи особый интерес представляет определение стартовых условий сброса таких объектов.

Решение такой задачи возможно применением комплексной методики оценки аэродинамических, инерционно-массовых, лётных характеристик исследуемого объекта и моделирования его динамики полёта.

Инерционно-массовые характеристики определены тензором инерции объекта, рассчитанного суммированием отдельных моментов инерции каждого из элементарных геометрических тел, на которые разбивается исследуемый объект. Центр масс определяется приращением по каждой из осей связанной системы координат, считая, что масса равномерно распределена по всему объему и сконцентрирована в геометрическом центре элементарных геометрических фигур, на которые разбивается объект. Тензор инерции рассчитывается относительно аналитически полученного положения центра масс.

Процесс формирования банка аэродинамических характеристик основывается на численном решении многопараметрических дифференциальных уравнений Навье-Стокса методом конечных элементов. Это достигается помещением трёхмерной геометрической модели объекта в САЕ-систему и разбиением ее на расчётную сетку, в каждой вершине которой определяется характер обтекания поверхности при заданных начальных условиях. Для объекта формируется массив граничных условий и режимов полёта, определяющий приращения аэродинамических сил и моментов. Для удобного использования на следующих этапах полученные значения приводятся к характерным геометрическим размерам и скоростному напору. Так формируется банк аэродинамических характеристик - набор многомерных матриц, описывающих изменение коэффициентов аэродинамических сил и моментов в зависимости от внешних условий и отклонений органов управления.

На основе полученных геометрических, массовых и аэродинамических характеристик строится математическая модель полёта объекта по стандартным дифференциальным уравнениям динамики полёта. Такая модель позволяет в режиме реального времени имитировать полёт объекта и отработать предполагаемые алгоритмы управления и различные начальные условия сброса для определения наиболее оптимальных условий применения баллистических объектов, оснащенных аэродинамическим поддержанием.

Список используемых источников:

1. Баженов С. Г. Основы динамики полёта. ЭКОЛИТ, 2021, 303 с.
2. Айзерман М.А. Классическая механика. – М.: Наука, 1980. 368 с.
3. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Динамика пространственного движения самолета. – М.: Машиностроение, 1967. 226 с.
4. Мхитарян А. М. Динамика полёта. ФИЗМАТЛИТ, 2012, с. 57-77.

Пушка Гаусса

Симаков М.А.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В последние десятилетия интерес к электромагнитным устройствам, особенно к пушкам Гаусса, значительно возрос. Пушка Гаусса, или магнитная пушка, представляет собой устройство, использующее электромагнитные силы для ускорения металлических снарядов до высоких скоростей. Это явление основано на принципах физики, связанных с электромагнетизмом и кинематикой, и находит применение как в научных исследованиях, так и в развлекательных целях.

Пушка Гаусса, или электромагнитная пушка, представляет собой уникальное устройство, использующее электромагнитные поля для ускорения металлических снарядов до значительных скоростей. Этот принцип действия основан на законах электродинамики и был впервые предложен в середине XIX века, когда немецкий физик Карл Фридрих Гаусс изучал взаимодействие электрических и магнитных полей. С тех пор пушки Гаусса прошли долгий путь развития и нашли применение в самых различных областях — от научных исследований до военных технологий и даже в развлекательной индустрии.

Исторически пушки Гаусса получили признание в 20-м веке, когда научные эксперименты с электромагнитными ускорителями продемонстрировали их потенциал в области физики. С тех пор они стали объектом активных исследований и разработок, что привело к созданию более совершенных моделей с высокой эффективностью и точностью. Они могут использоваться для создания новых типов оружия, а также в гражданских приложениях, включая ускорители частиц и системы для научных экспериментов.

Цель данного проекта — изучение теоретических основ работы пушки Гаусса и создание собственного устройства.

Задачи проекта:

1. Изучить историю создания пушки Гаусса.
2. Рассмотреть принцип работы пушки Гаусса и ознакомиться с её основными компонентами и физическими принципами.
3. Создать простую модель пушки Гаусса в домашних условиях для демонстрации её работы.

4. Показать применение пушки Гаусса в различных сферах.

Список используемых источников:

1. Пушка Гаусса — Рувики Интернет [Электронный ресурс] – Энциклопедия – Режим доступа:

https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%B0, свободный.

2. ChatGPT 4 | Midjourney | Claude | Suno bot [Электронный ресурс] – чат-бот – Режим доступа: <https://web.telegram.org/k/#@GPT4Tbot>, свободный.

3. Пушка Гаусса – Инфоурок Интернет [Электронный ресурс] – Энциклопедия – Режим доступа: <https://infourok.ru/nauchnaya-rabota-pushka-gausa-6754772.html>, свободный.

4. Railgun – Хабр [Электронный ресурс] – Энциклопедия – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/576624/>, свободный.

5. Gauss gun – Хабр [Электронный ресурс] – Энциклопедия – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/174681/>, свободный.

Беспилотные летательные аппараты

Скиба М.А.

Научный руководитель — Крухмалева Л.Л.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Беспилотные летательные аппараты выполняют ключевые задачи во многих отраслях жизни человека, от военных операций до доставки еды. Исследование БПЛА заинтересует тех, кому не безразлична эта сфера, послужит им в её изучении отправной точкой. Может заинтересовать и тех, кто мечтает о карьере в инженерии.

Цель проекта: выяснение необходимости использования БПЛА в различных сферах.

Задачи:

1. Рассмотреть историю создания БПЛА.
2. Рассмотреть виды БПЛА.
3. Выделить типы управления БПЛА.
4. Изучить строение БПЛА.
5. Собрать собственный летательный аппарат.
6. Изучить технику безопасности при использовании БПЛА.
7. Выделить сферы применения БПЛА.

Гипотеза: в современном мире БПЛА играют большую роль в жизнедеятельности людей.

Первыми беспилотными летательными аппаратами, поднявшимися в небо, можно считать воздушные шары, нагруженные бомбами, которые австрийские войска планировали сбросить на итальянские позиции в Венеции 22 августа 1849 года. Эти воздушные шары не были управляемыми (двигались по ветру, что стало причиной неудачи для австрийцев), однако они имели устройства для сброса бомб, работающие на принципе электромагнитов.

После окончания Второй мировой войны началась новая глава в развитии беспилотных летательных аппаратов. В этот период дроны стали более продвинутыми и многофункциональными. Соединенные Штаты и Советский Союз активно вкладывали средства в исследование и совершенствование технологий беспилотников, которые использовались как для разведки, так и для военных операций. В 1950-х годах американцы разработали серию разведывательных дронов, среди которых был Ryan Firebee, предназначенный для сбора разведывательной информации о противнике.

Мультироторные дроны представляют собой летательные аппараты, оснащенные тремя и более бесколлекторными двигателями с пропеллерами. Во время своего полета они находятся в горизонтальном положении и способны зависать в воздухе в любое время, перемещаться в разных направлениях и вращаться вокруг своей оси.

Однороторные дроны имеют конструкцию, схожую с вертолетами. Эти беспилотные летательные аппараты оборудованы одним крупным основным винтом, а иногда дополнительно - вторым, установленным на хвосте для управления траекторией полета. По

сравнению с квадрокоптерами, такие коптеры обладают лучшей эффективностью благодаря более продолжительному времени нахождения в воздухе

Беспилотные летательные аппараты самолетного типа способны выполнять длительные полеты на значительные расстояния и обладают высокой скоростью по сравнению с другими видами дронов. Эти устройства являются экономичными и легкими в обслуживании и ремонте.

Гибридные беспилотные летательные аппараты объединяют в себе характеристики самолетов и мультикоптерных дронов. При взлете и посадке поворотные винты выполняют функции подъемных, в то время как в процессе обычного полета они становятся тяговыми.

Аэростатические типы БПЛА поднимаются в воздух благодаря газу или теплоте воздуха, заполняющему их оболочку. По сути, они представляют собой беспилотные дирижабли, которые являются сочетанием аэростата и винтового механизма с электрическим приводом.

Дистанционное управление полетом БПЛА осуществляется специалистом (оператором) при помощи пульта дистанционного управления. Связь, необходимая для взаимодействия между оператором и дроном, обеспечивается через радиоканалы или каналы 5G. Беспилотные летательные аппараты получают команды от оператора и передают информацию обратно в режиме реального времени.

Для выполнения задач на значительных дистанциях применяются БПЛА, которые управляются через спутниковые каналы связи. В то время как дроны находятся в пределах видимости оператора, связь с пультом управления устанавливается при помощи оптических каналов.

2. Беспилотные летательные аппараты с автономной системой управления настроены на выполнение специфических задач. Они функционируют автоматически благодаря встроенному микропроцессору и, возможно, применению алгоритмов искусственного интеллекта. Дроны могут действовать самостоятельно при наличии интегрированного навигационного оборудования (например, GNSS-приемник) и/или инерциального модуля измерения (IMU).

3. Гибридное управление дроном включает управление с помощью пульта и автономные функции. Такой объединенный подход помогает сократить риски повреждения БПЛА и успешно завершить задания, даже если связь с оператором будет потеряна. Чаще всего подобная гибридная система встречается у беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для длительных полетов.

БПЛА состоит из рамы, двигателей, пропеллеров, аккумулятора, полетного контроллера, регулятора оборотов мотора, приёмника радиосигнала, платы распределения питания и защиты для пропеллеров.

В ходе исследования и разработки проекта, посвященного беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), мы рассмотрели широкий спектр вопросов, касающихся их конструкции, принципов работы, применения и перспектив в различных отраслях.

Математическая модель дискриминатора автодаляномера

Тищенко О.В.

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

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В статье проводится разработка математической модели дискриминатора автодаляномера. Целью работы является разработка и обоснование математической модели дискриминатора, позволяющего обнаружить временное рассогласование между кодом дальности и истинной дальностью до цели и преобразования этого рассогласования в пропорциональное значение постоянного напряжения.

Процесс радиолокационного измерения траектории цели состоит из трех этапов: поиска, захвата и сопровождения цели. В данной работе рассматривается этап сопровождения цели. Задачей временного цифрового дискриминатора является выработка сигнала, функционально зависящего от рассогласования между кодом дальности и истинной дальностью до цели. На вход дискриминатора подается отраженный от цели сигнал –

стандартный импульс фиксации. При совпадении стандартного импульса с левым полустробом дискриминатор выдает на реверсивный счетчик дальности сигнал «-1», а при совпадении с правым полустробом – сигнал «+1», в случае совпадении стандартного импульса с центром строба или при отсутствии стандартного импульса в стробе с выхода дискриминатора ничего не поступает.

Модель выполнена на языке программирования общего пользования Delphi 11.0. Интерфейс программы включает график работы автодальномера, график дискриминационной характеристики, график флуктуационной характеристики. Программа позволяет устанавливать количество экспериментов, положение импульса, скорость выполнения экспериментов и дисперсию шума. Программа совместима с операционной системой Windows и может использоваться в учебных и научных целях, включая реализацию дипломных проектов.

Список используемых источников:

1. Ю.П. Гришин. Радиотехнические системы : учебник для вузов по специальности «Радиотехника»; под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высшая школа, 1990. – 495 с. : ил. – Библиогр.: с. 485 (13 назв.). – ISBN 5-06-000687-5. <http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download/ToView/13881?idb=NewMAI2014>.

2. Дятлов А.П., Дятлов П.А. Анализ и моделирование обнаружителей сигналов: Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 82 <http://window.edu.ru/resource/813/28813>.

Разработка автоматизированной системы сбора и обработки данных по мероприятиям на платформе «1С:Предприятие 8.3»

Чирков М.А.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В образовательных учреждениях активно организуются разнообразные внеучебные мероприятия: конференции, конкурсы, олимпиады, викторины, хакатоны и другие. Обучающиеся принимают участие, как во внутренних, так и во внешних мероприятиях. Система приема и отбора заявок, проведения мероприятия, определения результатов должна быть прозрачна.

Организация и проведение конкурсных мероприятий, особенно при большом количестве участников, является сложным и трудоемким процессом, требующим значительных временных и кадровых затрат. Ручная обработка заявок, оценивание работ, формирование рейтингов и подведение итогов являются операциями, подверженными риску ошибок и требующим строгого контроля. Автоматизация же с использованием современных информационных технологий, таких как платформа «1С:Предприятие 8.3», позволяет значительно повысить эффективность, прозрачность и сократить затраты на проведение конкурсов.

Цель работы: Разработка и внедрение системы автоматизации учета мероприятий на платформе «1С:Предприятие 8.3», обеспечивающей повышение эффективности, прозрачности и сокращение затрат на их проведение и учет.

Программирование в среде 1С представляет собой разработку и настройку бизнес-приложений на платформе «1С:Предприятие», широко используемой в России и странах СНГ для автоматизации бухгалтерского учета, управления предприятием (ERP), торговли, складского учета, кадрового учета и других бизнес-процессов, включая деятельность образовательных учреждений.

Разработка прикладного решения на базе платформы «1С:Предприятие 8.3» выполнена в учебной версии, находящейся в свободном доступе на сайте фирмы 1С.

В ходе исследования был проведен анализ бизнес-процессов проведения мероприятий, программных продуктов, используемых для указанных целей, разработана модель автоматизированной системы, спроектирована структура базы данных, разработаны

функциональные модули системы, удобный пользовательский интерфейс, проведено тестирование системы и оценена ее эффективность.

Разработанная система включает настройку параметров мероприятия, критериев оценки, экспертов (членов жюри), прием заявок (возможен электронный прием или ввод данных с бумажных носителей), проверка заполнения заявок, оценка экспертами (членами жюри), расчет баллов, автоматическое формирование рейтингов, составление отчетов по мероприятиям и др.

Портфолио все больше входит в нашу жизнь и становится важным инструментом на всех уровнях образования. Несмотря на то, что вести портфолио не является обязательным требованием и нет единой формы, рекомендуется вести учет достижений, поскольку его наличие может принести дополнительные баллы при поступлении в учебное заведение, а для студентов – повлиять на размер стипендии и перспективы трудоустройства.

Если мероприятие внутреннее, целесообразно, чтобы его результаты сразу шли в «список» обучающегося и попадали в портфолио автоматически.

Таким образом, автоматизация конкурсных мероприятий на платформе «1С:Предприятие 8.3» упрощает процесс проведения мероприятия, позволяет повысить эффективность и прозрачность, уменьшает количество ошибок и обеспечивает удобный доступ к информации.

Список используемых источников:

1. Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. «1С:Предприятие 8.3». Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 983 с.

2. Ажеронков В.А., Габеев А.П., Гончаров Д.И., Козырев Д.В., Кухлевский Д.С., Островерх А.В., Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. Профессиональная разработка в системе «1С:Предприятие 8». / Под редакцией М.Г. Радченко. М.: ООО «1С-Паблишинг».

Алфавитный указатель

А

- Абашев В.М. 146, 152, 618
Абдрашитов Н.В. 113, 150, 807
Абдухаликов Е.Т. 856
Абильдаева К.Ж. 872, 879, 901
Абрамов А.А. 337
Абрамов Я.С. 20
Аванесян Г.Г. 801
Авдеев Д.И. 271
Агаев Р.Н. 70
Агафонов П.О. 813
Агишев Д.Р. 865
Агишев Р.Ю. 129
Агульник А.Б. 106
Адамова Е.Ю. 123, 143
Адылина А.П. 612
Аженов А.А. 905
Аженов Н.А. 905
Азаров А.В. 652
Айменова К.А. 887
Айтжанов Е.Б. 857
Айтмырзаев Н.М. 858
Акилин В.И. 68, 198, 258, 259
Акилов М.С. 72, 76
Аксенов А.А. 322
Аксенова С.А. 257
Акулов Р.А. 467
Акутина М.М. 159
Алалыкин А.С. 497
Александров А.А. 228
Александров Г.В. 595
Александров Р.А. 682
Александров Ю.Б. 143
Александрова С.С. 306, 319
Алексеев А.О. 323
Алексеев А.С. 21
Алексеев Н.А. 241
Алексейчук А.С. 524
Алексенцев А.А. 84
Алексий М.А. 683
Алёшин А.А. 684
Алмасбек З.С. 858
Алсаева О.С. 627
Алтухов А.В. 900
Алтухов Е.С. 359
Альбова В.А. 272, 557
Альмухаметова Э.Р. 885
Аляутдинова М.М. 114
Амбарцумова Н.Н. 273
Амиров А.А. 97
Ан Д.А. 793
Ананьев Н.А. 737
Ананьев О.А. 63
Андреев П.С. 64
Андреев Р.А. 71
Андрианова К.А. 659
Аникин Г.С. 338
Анисова Е.Н. 824
Анищенко В.В. 324
Анна В.Т. 768
Анозин С.К. 534
Антимонова М.А. 452
Антонов И.М. 187, 203, 515
Антонова Е.А. 468
Антонова П.П. 257
Антохов И.В. 123, 143
Ануфренков М.С. 339, 351
Ануфриев С.А. 738
Анучин М.А. 30
Анциферов Д.А. 172
Анциферов И.С. 340
Анциферова А.С. 160
Анюточкин И.Г. 743
Апбазов Ж.А. 894
Арбузов Е.А. 155
Арсеньева Н.В. 693, 715
Арсланов М.А. 65
Артамонов А.А. 563
Артамонов М.В. 411
Артёмова М.А. 814
Артемова П.Г. 739
Арыстанбеков Ж.Н. 859
Астапов А.Н. 665
Асташев М.Г. 325
Аубакиров М.М. 23
Аукеров А.Б. 859
Аунг М.Т. 301
Афанасьев В.А. 159, 166, 171
Афонина Е.В. 188
Ахметшина А.А. 5
Ачилов А.А. 71
Ашимов А. 861
Ашимов А.Н. 884
Ашрапова Л.Р. 449
Ашуров А.О. 815
Б
Бабаевский П.Г. 662, 674
Бабердина В.П. 453, 464
Бабин С.В. 661
Бабич Б.П. 686
Бабушкина Я.В. 85
Бабченко Д.А. 22
Багаутдинов Д.И. 116
Багно Д.В. 338
Бадурин И.В. 179
Бажанов Д.А. 645
Базаров В.В. 794
Байков А.Е. 573
Бактыбайкызы А. 860
Балакина М.В. 324
Балакирев Н.Е. 309, 315, 317
Баланян С.Т. 497
Балунов М.С. 102
Балык В.М. 55, 224
Барашков А.С. 189
Бардин Б.С. 582
Барина Е.Г. 894
Баричев Ю.С. 469
Барон Е.А. 389
Барыбина Е.И. 817
Басов А.А. 409
Басова А.Н. 313
Батанов М.С. 169, 170, 175
Батарагин И.Д. 734
Батраков А.С. 15, 65
Бахарева Т.Д. 470
Башаров Н.Б. 861
Бевер А.И. 777
Бежанова К.А. 699
Безверхий М.А. 412
Беленьков К.Е. 862
Беличенко М.В. 569, 574, 576, 589
Белов И.А. 795
Белов О.В. 668
Белова О.С. 687

- Белозеров О.Р. 69
Белоусов Д.Д. 796
Белоусов И.Д. 468
Беляев С.И. 532
Беляева С.В. 741
Беляева Ю.А. 471, 480, 481, 490, 521, 534
Береговой В.Г. 372, 397
Бережной А.А. 413
Бережной Д.В. 608
Берников Н.Е. 115
Берсина М.Д. 212
Бессонов Р.В. 198
Бесчервная Е.М. 229
Бибикин Н.О. 454
Бидсеев А.Г. 384
Биксеев В.В. 390
Бикулов М.В. 452
Бинсеева А.О. 533
Битюцкая О.Н. 600
Благодельский А.И. 497
Блатиков Г.А. 426
Блинников К.М. 308
Блинов Е.В. 642
Блудов А.А. 455
Бобров М.Н. 564
Бобырь Н.П. 160
Богатова А.А. 274
Богачев Э.А. 360
Богдановский А.А. 391
Боголюбова В.О. 778
Богуславский А.А. 518, 519
Бодров Н.М. 688
Болонкин С.А. 23
Болът А.С. 275
Болът П.С. 275
Больших А.А. 58
Бондарева А.В. 689
Бондаренко В.А. 471
Бондаренко Н.М. 818
Бондарь В.С. 522
Борейко Д.А. 472
Борзов В.И. 712
Борисов А.И. 230
Борисов Д.С. 529
Борисова В.Д. 691
Борисова Е.В. 260, 730
Боровик И.Н. 88, 89
Боронин И.Д. 21
Бортаковский А.С. 538, 555
Борщева А.В. 742
Брагин Е.Ю. 163
Братчиков А.В. 276
Бритенков А.К. 61
Брызгин Г.К. 277
Бубнов В.В. 752, 761, 763, 765, 774, 775
Будылин Г.М. 607
Будякова С.А. 738
Букина О.В. 160
Булак Л.А. 258, 333
Бурдина А.А. 713
Буренкова А.Р. 489
Бурмистров И.М. 480
Бурмистров П.О. 364
Бурова А.Ю. 168, 176
Буряк И.А. 374
Бутко А.О. 242, 254, 284, 290, 311
Буторин В.В. 375, 377
Буторин С.А. 116
Буханов М.Ю. 72
Буцкий Д.О. 357
Бушуева Н.И. 596
В
Валиуллин Т.А. 646, 673
Валюхова И.В. 628
Ван Фуюй 143
Ванчурин М.Д. 414
Варенев И.А. 458
Васильев В.А. 414, 419
Васильев Ф.В. 268
Васильева А.С. 86
Васильева К.С. 279
Васин Ю.А. 438, 441
Вдовин Р.А. 624
Ведьманов И.С. 246, 255
Велиев Т.И. 87
Венерова Е.А. 190
Вербичкая О.А. 860, 882
Веремеенко К.К. 219, 267
Веретенников К.И. 280
Веретенников С.В. 139
Верещагин А.А. 534
Верещагин К.В. 416
Верещиков Д.В. 912
Вертеев И.А. 797
Верхотурова И.А. 281
Вестяк В.А. 510
Викулов А.Г. 405
Вильямовский К.А. 117
Винецкий Ю.Р. 593
Виноградов А.С. 113, 121, 150, 156, 807
Виноградов В.И. 250, 271, 537
Виноградов М.С. 340, 351
Винокуров Е.М. 88
Винярский П.П. 473
Виссарионова В.Н. 743
Владимиров А.А. 598
Владимиров М.Р. 136, 391
Владимирцев В.В. 145
Власов И.И. 628
Власова А.В. 275
Власова С.В. 835
Войнов В.Д. 282
Войсковский А.П. 492
Войтухов М.Р. 647
Волгина А.А. 780
Волков А.А. 85, 108, 109
Волков А.Н. 47, 380, 391, 636, 664
Волков М.А. 258
Волкова А.О. 229
Волоков А.Н. 33
Волонин М.С. 325
Волотов Д.А. 814
Волочихин В.А. 479
Волошиненко А.М. 66
Волчихин В.А. 194
Волчков С.А. 781
Воронин А.А. 89
Воронин П.А. 282
Воронка Т.В. 5
Воронцов А.М. 692, 720
Воронцов В.А. 359, 403
Воронцова Ю.В. 783
Ворсунова А.С. 750, 757
Вохмяков С.А. 90
Вуксанович С.М. 535
Вьюшин Е.О. 629

- Вятков В.В. 87, 93
- Г**
- Габдулхаков А.В. 326
- Габермель М.В. 799
- Габидуллина Я.М. 745
- Габов С.А. 693
- Гаврилин М.Ю. 536
- Гаврилов К.Ю. 347
- Гаврин В.Г. 498
- Гаврин И.В. 24
- Гаджиев Х.Р. 111
- Гайдаров Т.А. 900
- Гайнутдинова Э.А. 435
- Галаева К.И. 350
- Галата А.В. 862
- Галин Е.Д. 565
- Галиновский А.Л. 442
- Галкин В.А. 597
- Галкина Е.Е. 453, 464
- Ганицев А.Ю. 346
- Гаращенко Д.К. 361
- Гарбузова У.Р. 506
- Гарипова Л.И. 5
- Гарифуллина Д.Б. 97
- Гарно П.Р. 362
- Гатауллина Е.Д. 91, 94
- Гевак Н.В. 345
- Герасимов Д.Н. 120
- Гераськин А.М. 360
- Гервальд А.Ю. 654
- Гиенко А.С. 648
- Гильманова А.Н. 118
- Гилязова И.Ю. 222
- Гинзбург И.Б. 423, 427, 432
- Гиренко Д.С. 474
- Гирн А.В. 675
- Глоткина А.А. 773
- Глушенко Т.С. 820
- Гнедов А.В. 55, 575, 583
- Гогаев Г.П. 148
- Голайдо П.М. 283
- Голованов М.О. 162
- Головкин И.С. 214
- Голошумов М.С. 537
- Голубкин К.С. 125
- Голубцов Р.М. 392
- Гольц В.Р. 863
- Гончаренко Е.А. 416
- Горбась А.Д. 746
- Горбачев В.О. 57
- Гореликов И.А. 821
- Горлова К.О. 190
- Горностаева Л.О. 232
- Горожеев М.Ю. 60, 262, 264, 265, 333
- Горчакова Е.В. 865
- Горшкова А.П. 306
- Горячкин Е.С. 91
- Гостев А.В. 30
- Грабар В.А. 456, 457
- Грабовский И.И. 161
- Гребенков Д.И. 507
- Гречанников К.В. 394
- Гречихин Т.С. 66
- Гречишкин В.Н. 652
- Григорьев А.В. 811
- Гриднев А.С. 233
- Гриненко А.С. 395
- Гринько Д.В. 647
- Гритчин Д.М. 119, 181
- Гришина А.Ю. 6
- Гришина Л.А. 25, 35, 42
- Громова А.С. 92
- Груздев И.Н. 162
- Губанова Д.С. 363
- Губарев М.А. 7
- Губенко И.М. 252
- Гудков М.К. 25
- Гуляев В.В. 751, 772
- Гуляев К.А. 550
- Гурсева А.А. 284
- Гурин К.А. 56
- Гусев Е.В. 387
- Гусев С.С. 163
- Гусева Н.А. 418
- Гусилетов А.А. 455, 458, 460, 462, 465
- Гутарова В.С. 800, 837
- Д**
- Давиденко Е.В. 566
- Давыдов А.А. 93
- Дагиянов О.М. 475
- Даниелян Д.А. 747
- Данилов И.А. 247, 253, 509
- Данилов М.Д. 164
- Данилова Е.С. 782
- Дегтярев С.В. 660
- Дегтяренко И.А. 191
- Дедус Ф.Ф. 195
- Декина И.О. 748
- Демин В.С. 351
- Демина П.Н. 436
- Демина Т.С. 679
- Демченко Д.С. 165
- Дендбебря Г.Ю. 192
- Денисов А.А. 286
- Денисов А.Е. 364
- Денисов А.М. 785, 788
- Денисов Е.Д. 79
- Денисова В.Я. 166
- Денисова О.И. 837
- Дербина С.В. 826
- Дехтярь Т.А. 340
- Джанадилов Д.Р. 865
- Дзёба А.С. 822
- Дзеранов А.А. 656
- Диас А.В. 649
- Диланян А.П. 366
- Дихтиевская К.К. 324
- Дмитриева В.Ю. 866
- Дмитриева П.А. 456, 457
- Добарин В.К. 8
- Долгушин Я.В. 630
- Должанская К.А. 867
- Донецкая А.А. 287
- Дорофеев С.В. 567
- Дорошев А.С. 476
- Дорошин А.В. 592
- Дронов А.А. 867, 895, 897
- Дружкова Ю.А. 85
- Дрянева Е.Д. 288
- Ду Дунмин 854
- Дубинина Н.М. 759
- Дубовский А.А. 353
- Дубровин И.Г. 396
- Дубровин И.М. 650
- Дунаев К.А. 868
- Дуняшев Д.А. 477
- Дьяченко Д.А. 155
- Е**
- Евдокименков В.Н. 503
- Евтеев Д.М. 289
- Егоркина А.Е. 52
- Егоров В.В. 322
- Егорова О.В. 616
- Егорова Ю.Б. 635, 643
- Едиреков Д.Т. 869
- Ежов А.Д. 119, 131, 135, 136, 181
- Екимовская А.А. 397
- Елисеев В.А. 652
- Елкин Е.А. 193
- Ельников Р.В. 403
- Ем Е.Д. 693

- Емельянов К.В. 653
 Еремеев П.Н. 290
 Ерёменская Л.И. 810
 Ермолаева Е.Н. 684
 Есмамбетов Т.Ш. 870
 Фимова А.А. 458, 460
 Ефремов А.В. 6, 13, 14, 59
 Ефремов Е.В. 14, 16, 190
 Ефремов С.М. 568
- Ж**
 Жанузаков А.Ж. 871
 Жаренов Я.М. 906
 Жарова А.А. 537
 Железнов Д.А. 569
 Железнов Д.Е. 569
 Жемаева Д.А. 345
 Жеребцова К.С. 437, 450
 Жигалкин А.К. 367
 Жидков А.Ю. 341
 Жильцов Д.А. 872
 Жубатканова А.Ж. 873
 Жуков А.А. 263
 Жукова Н.Н. 133
 Жукова О.К. 823
 Жукова Ю.А. 120
 Жульева А.Д. 509
 Жуматаева Ж.Е. 856, 866, 868, 871, 873, 878, 893, 902
 Журавлев И.М. 261
 Журавлев С.В. 327
- З**
 Забабурин В.И. 291
 Загадов И.А. 121, 174
 Загоровская Т.И. 750
 Загородников С.А. 122
 Загоруйко С.Н. 875
 Заикин Т.Е. 76
 Зайцев В.Е. 297
 Зайцев И.М. 363
 Зайцев М.Д. 243, 245, 505, 516, 526, 528
 Зайцева К.А. 194
 Зайченко А.А. 818
 Затонский И.В. 419
 Захаров С.Б. 61
 Захаров Я.О. 289
 Захарова А.А. 695, 726
 Захарова А.Н. 833
 Захарова Л.Ф. 687, 688
 Зацепин М.Г. 420
- Збаразский С.В. 472
 Зверева Е.Л. 538
 Звонарёва Г.А. 232, 244
 Зезетко З.А. 498
 Землянская Н.Б. 728
 Земсков А.В. 566, 571
 Земсков Е.А. 875
 Земсков П.А. 493
 Зимин Н.Э. 608
 Зин Мин Хтун 67
 Зморка И.Ю. 510
 Зотин И.П. 899
 Зуб А.В. 292
 Зубанов В.М. 98
 Зубков Д.А. 234
 Зубрилин И.А. 100, 132
 Зубрильцев Е.Е. 357
 Зуева В.А. 696
- И**
 Ибрагимов Д.Н. 535, 547, 548
 Иванов А.В. 622
 Иванов Б.А. 570
 Иванов В.Р. 194
 Иванов М.К. 732
 Иванов Н.А. 696
 Иванов Н.С. 114, 133
 Иванов Р.М. 489
 Иванов С.В. 536, 555, 556
 Иванов Ю.А. 160
 Иванова П.А. 751
 Иванова П.М. 235
 Ивашкина К.О. 368
 Ивашко Г.В. 195
 Ивлев А.А. 197
 Игнатов А.И. 192, 202
 Игошин С.П. 145
 Измайлов Г.Н. 457
 Измалков Д.А. 654
 Изуткина А.М. 512
 Ильин Д.Ю. 287, 308, 316, 318
 Ильин И.М. 94, 98
 Ильина Ю.И. 699, 737
 Ильиных И.Р. 168
 Ильиных Н.С. 76
 Ильичева А.Д. 60
 Ильичёва П.И. 29
 Исаев А.Ю. 650
 Исаев В.Ф. 9
 Исаева З.К. 875
- Исаева С.А. 26
 Исаева С.Ю. 693
 Искворин Д.С. 132
 Искендеров Д.Е. 876
 Израельян Р.В. 553
 Истомин М.В. 169
 Исупова Г.В. 865
 Итальяев Д.М. 292
 Ишков Т.А. 169
- К**
 Кабанов А.А. 440
 Кадырова К.Н. 198
 Казакова Н.В. 758, 771
 Казимиров Д.О. 571
 Кайбелева В.Р. 698
 Калагов Д.К. 170
 Каленов П.Д. 422
 Калимбетова Ж.К. 892
 Калина М.Д. 655
 Калинин А.А. 656
 Калмурзаев Ж.Б. 877
 Калугин К.А. 237
 Камалов Т.В. 609
 Каменский И.В. 353
 Камоцкая Е.В. 123, 143
 Камысбаева С.М. 878
 Кананадзе С.С. 205
 Канатов О.Е. 878
 Карабанова А.А. 630
 Каразым Д.Н. 879
 Каралюнец К.С. 752
 Карепин П.А. 178
 Карнаухов С.А. 880
 Карпов Д.Е. 513
 Карпухина Т.А. 459
 Карташов Е.Ю. 401
 Картуков А.В. 342
 Касаев Г.Ю. 801
 Каучакова М.А. 10
 Качалин А.М. 477
 Качанов И.М. 327
 Кашаев Е.С. 501
 Кашин Д.Д. 477
 Кашеев И.С. 162
 Кейно П.П. 273, 274, 281, 283, 288, 291, 292, 296, 307, 314
 Кенжалиева Б.О. 886
 Николь К.Н. 95
 Кильмишкин Н.В. 514
 Ким Н.В. 474
 Ким Р.В. 238
 Киндинова В.В. 584

- Кирилук Е.В. 539
 Кирпичев И.Г. 36
 Кирхлерова Э.Г. 509
 Кирьянов С.В. 257
 Кирюхина Е.А. 24
 Киселев А.П. 498
 Киселев Д.А. 458, 460
 Киселёв Д.А. 198
 Киселев И.В. 342
 Киселев Л.Е. 27
 Клепиков Г.А. 753
 Клименков А.Д. 631
 Князев И.А. 478
 Князев Н.Д. 28
 Кобызев Н.В. 515
 Ковалева М.А. 805
 Ковалева Н.Н. 103
 Коваленко А.С. 124
 Коваль Д.К. 11
 Ковальчук И.А. 795
 Коган Е.А. 808
 Когтев В.Д. 516
 Кожевников В.Ф. 27
 Кожемяко А.С. 125
 Козаев Р.И. 699
 Козинер Ю.Д. 157
 Козичев К.О. 203
 Козлов Н.А. 653, 655, 660
 Козлова Т.С. 573
 Козырев А.Ф. 657
 Кокорин М.И. 438
 Кокутина А.С. 839
 Колганов С.В. 796, 797
 Колганов Т.А. 399
 Колениченко Г. 658
 Колесников Р.Е. 29
 Колесов Г.А. 399
 Коллеров М.Ю. 627
 Колобков Г.Ю. 53
 Колодяжная И.Н. 858, 876, 878, 882, 898
 Колокольников Ф.А. 570
 Коломиец Е.С. 539
 Колпаков В.И. 609
 Кольга В.В. 34, 369
 Комаров М.В. 371, 386
 Комарова Н.В. 708
 Комиссаров М.О. 814
 Кондратьев М.Р. 824
 Кондрашева Н.Н. 755
 Кондрашов Ю.Н. 412
 Конева Д.А. 439
 Коннов И.А. 125
 Конова С.С. 500
 Коновалов К.А. 277, 295, 300, 310
 Коновалова В.Г. 778
 Коновалова В.С. 754
 Коновалова С.М. 633, 638
 Коноплёв Д.И. 77
 Константинов М.С. 399
 Копылов Г.Г. 259
 Копылова Д.С. 633
 Коргополова Н.А. 825
 Корзун Ф.А. 13
 Кориненко К.В. 659
 Коробков К.А. 193, 197, 210, 211
 Коробков М.А. 73
 Коробкова А.В. 199
 Коробов М.Е. 540
 Коробовский А.В. 385
 Коровичев А.А. 294
 Королев Н.И. 54
 Королев П.С. 343, 357
 Королева Д.А. 464
 Коротаева И.Э. 827
 Корыткин Н.Г. 518
 Корыткин П.Г. 519
 Костенко В.А. 383, 459
 Костенко В.Д. 881
 Костин В.А. 47
 Костин П.С. 276
 Костриченко И.А. 163
 Костюк А.А. 343
 Костяной Е.М. 7
 Косцова А.С. 802
 Косяченко Д.А. 30
 Котлинская А.А. 440
 Котлов М.А. 500
 Кочергин А.С. 907
 Кочетков Ю.М. 110
 Кочеткова М.Д. 369
 Кочуров С.И. 69
 Кошелев А.С. 471, 729
 Кошук И.С. 224, 479
 Кравцов А.Д. 660
 Краев В.М. 789
 Кrasilьников П.С. 586
 Красинский А.Я. 542
 Краснобаева Д.Ю. 459
 Краснов А.С. 238
 Краснов Д.К. 700
 Красоткин С.А. 237
 Кретов К.С. 611
 Кривун К.В. 146, 152, 804
 Кривчик В.А. 826
 Крит Б.Л. 630
 Кричевцова Т.В. 295
 Круглова М.С. 239
 Кружалов А.Г. 126
 Крупин К.П. 423
 Крупская А.С. 745
 Крупчинский И.В. 201
 Крухмалева Л.Л. 907, 910, 914
 Крыласов Л.А. 14
 Крылов Н.И. 661
 Крылов С.С. 523, 552
 Куанышова Д.Д. 882
 Кувакин Д.М. 147
 Кутуракова В.В. 279
 Кудашев А.В. 480
 Кудинов Е.А. 598
 Кудинов И.Д. 512
 Кудряшова Г.В. 269
 Кузнецов А.А. 588
 Кузнецов А.Г. 720
 Кузнецов А.Ю. 132
 Кузнецов И.И. 541
 Кузнецов И.М. 204
 Кузнецов П.М. 295, 532
 Кузнецов П.Р. 148
 Кузнецов С.В. 53
 Кузьмин Д.Д. 63
 Куковинец А.В. 190, 201
 Кулепётова Н.Н. 888
 Кулешов Д.А. 345
 Кулик П.В. 521
 Куликов С.Н. 573
 Куликова М.А. 56
 Кумиспай А.Х. 882
 Кунгурцев А.М. 55
 Куран Мутаххар 336
 Курбаков А.В. 817
 Курбакова В.А. 755
 Курбакова С.Н. 813, 825, 834, 841, 842
 Курбанова О.Э. 441
 Куренкова Е.О. 702
 Курицын Д.Н. 625
 Курчин И.Ю. 883

- Кутневский Н.П. 31
Куттымуратов М.К. 862
Кушваха Х.Н. 738, 753
Кушнир А.И. 832
Кушнир И.С. 612
Л
Лавриненко К.М. 573
Лавриненко С.А. 73
Лагутин А.Д. 909
Ладонкин Е.А. 662
Лазарев А.М. 370, 613
Лазарев Д.А. 423
Лазарев Н.Д. 202
Лазарева А.А. 618
Ламзин В.А. 361, 368, 374, 376, 382, 389, 390, 391
Ландер Л.Б. 343
Лапишвили К.Р. 854
Ларькин А.В. 203
Латыпов Э.Р. 710
Лаухин Н.С. 884
Лебедев А.К. 14
Лебедев К.В. 204
Лебедеженко А.В. 542
Левашкин-Леонов С.В. 432
Левина Т.А. 711
Левченко Д.А. 149
Лексиков Н.И. 783
Лемтюзникова Д.В. 237, 507, 512
Леонов С.С. 530
Лесницкая А.А. 171
Лийн Е.А. 260, 486
Лисицин А.А. 68
Лисовенко Д.С. 657
Лисовский О.Р. 240
Листратов Я.И. 177
Литвин В.М. 81
Лифановская О.В. 780
Лихачев С.С. 328
Лобкова А.А. 481
Ловцова Ю.Д. 703
Логинов Д.С. 68
Логинов Ю.Н. 596
Лозовский А.И. 205
Ломакина А.Д. 704
Ломцова Д.А. 272, 557
Лопырева А.С. 472
Лоскутов А.Б. 332
Лошин Д.Д. 69
Лукин В.Н. 239, 240, 587
Лукин Е.И. 631
Лукиных А.П. 155
Лукошин И.В. 329
Лукьянова С.Д. 879
Лунев В.С. 705
Лунёв И.В. 663
Лунева С.Ю. 544
Лурье С.А. 666
Лутовинов Р.О. 295
Лушпа Е.Ю. 452
Лысенко И.Е. 261
Лэй Р.А. 10, 28, 37
Ляхов П.А. 493
М
Мазуров К.А. 618
Майстренко А.С. 707
Макаренкова Н.А. 199
Макаров В.А. 282
Макаров И.К. 11
Макарян А.А. 346
Макеев П.В. 17, 51
Максимов А. 197
Максимов А.Н. 333
Максимов В.Р. 70
Максимов Н.А. 52, 228, 245, 505, 516
Максимова Н.С. 708
Максимова П.В. 459
Максов А.А. 543
Малашкин А.В. 513
Маликов С.Б. 607
Малышев Б.А. 330
Малышева А.М. 885
Мальцев Ю.И. 221
Малявина А.Ю. 324
Мамаладзе Г.Ю. 70
Мамедов Р.В. 370, 613
Мамонов А.М. 638
Манин А.Н. 306
Манойло А.В. 418, 420
Манцеевич С.В. 241
Манчук Ю.А. 565
Манько О.М. 439
Марданшина Т.М. 633, 634
Маркевич П.А. 242
Маркина А.Д. 743, 766
Марков А.А. 280
Марковчин Н.В. 361
Мартынкевич Д.С. 498, 500
Мартынов М.Ю. 664
Мартыанов Д.В. 21
Марченко А.А. 96
Марченко Д.В. 97
Матвеев И.П. 116
Матвеев Н.А. 98
Матвеев С.Г. 529
Матвеева А.Д. 331, 332
Матвеева О.С. 615, 623
Матвеева Т.Н. 436
Матвеев А.С. 371, 386
Матуляк А.И. 665
Матюнин В.И. 55
Матюшев Т.В. 437, 450
Матюшенко Р.В. 206
Махорин А.О. 413, 416, 423
Машошин Д.А. 74
Медведева А.В. 372
Мезина Н.А. 691, 696, 698, 705, 709, 717, 754
Меликов Н.Э. 613
Мелконян Р.В. 32
Мельдианова А.В. 822, 830, 831
Мельников О.А. 543
Мельников С.А. 91, 94, 98
Мелюков С.А. 207
Менчиков А.Л. 544
Меньшикова Е.С. 885
Мерзляков К.А. 401
Меркулов М.А. 574
Меркулова М.А. 827
Метельков Н.И. 33
Метечко Л.Б. 445, 454, 456, 461, 463, 464, 854
Мех А.С. 172
Ми Лэн 666
Миловидов А.В. 47
Милто Е.В. 461
Милотина С.А. 545
Минаков Г.О. 296
Миролюбов А.Д. 243
Миронова А.О. 71
Мирошникова Е.Н. 869
Митрофанов О.В. 29
Митькин М.А. 347

Митюшина Е.В. 546
 Митянина А.А. 522
 Михайлов В.С. 829
 Михайлов М.А. 100
 Михайлова С.А. 297
 Михайловская А.В. 634
 Михайловский А.И. 830
 Михалева У.А. 757
 Михалко Я.А. 241
 Михонов В.В. 597, 635, 643
 Мищенко В.А. 331, 332
 Мкртчян Г.А. 343
 Могилевцев А.А. 547
 Могильная Т.Ю. 77
 Модорский В.Я. 585
 Мозжухин Д.А. 208
 Моисеев В.С. 603
 Молебников Д.А. 147
 Молотов И.М. 129, 158
 Молчанов А.М. 124, 140
 Монахов М.Д. 339
 Моржухина А.В. 75, 366, 470
 Морина М.А. 230
 Морозов В.В. 182, 494
 Морозова А.Р. 762
 Морозова В.А. 442
 Москвичева Н.В. 726
 Мохначева А.А. 548
 Мошенский А.А. 667
 Муравлева О.К. 299
 Муравьев И.А. 210
 Муреева А.С. 709
 Мурзахметова Н.Ш. 886
 Мурунов Ф.Д. 710
 Мусихина А.А. 101
 Мусса Хосин 668
 Мустафина К.А. 784
 Мухай М.А. 669
 Мухамедов Н.М. 482
 Мухамедов Р.Д. 173
 Мухин М.П. 711
 Мыскин Д.Н. 467
 Мякочин А.С. 129
 Мяукин Д.А. 402

Н
 Набатов Н.Н. 862, 870, 890
 Нагайцев Р.М. 300
 Нагибин П.Г. 462
 Нагибин С.Я. 251
 Надирадзе А.Б. 161, 183
 Надоров И.С. 549
 Назаров А.А. 373
 Назин В.Д. 262
 Най Х.Л. 301
 Най Хтет Аунг 616
 Наймушин Р.Н. 523
 Наседкин Г.К. 244
 Насибулина А.Р. 211
 Насырова К.А. 712, 730
 Наталия В.Я. 906
 Наумов А.В. 527
 Нгуен Н.М. 226
 Нгуен Т.Б. 98
 Неверов А.С. 130
 Неверова Н.В. 820
 Невечеря В.Л. 713
 Невалин А.О. 337
 Нежнев С.Г. 909
 Нейман А.П. 671
 Нелин И.В. 340
 Ненарокомов А.В. 395
 Неретин Е.С. 215, 220, 485
 Неретина А.С. 670
 Нестеров С.А. 370
 Нестеров С.В. 355, 905, 915
 Нестерова А.И. 715
 Нестерова К.К. 127
 Нефёдов В.Н. 244
 Нехрест-Бобкова А.А. 683, 692, 695, 704
 Нечаев В.Н. 208
 Нигматуллин Б.Д. 101
 Никитин П.В. 125
 Никифоров Н.С. 468
 Николаев А.Н. 162
 Николаев М.С. 425
 Николенько М.Д. 56
 Николитчев И.А. 373, 402
 Ничков В. 212
 Новиков А.Ю. 303
 Новиков Б.Б. 304
 Новиков О.П. 541

Новичков М.Д. 605
 Новосадов Д.А. 121, 174
 Норенко Н.А. 129
 Носков В.П. 469
 Носырев А.Н. 588
 Нургабылова З.О. 887
 Нурмаматова В.С. 501
 Нурумбетов Т.Д. 888
О
 Обливанцев К.Д. 633
 Оболенская Е.А. 716, 718
 Образцов Э.В. 577
 Обухов Д.С. 889
 Овчарик А.Д. 785
 Овчинников А.В. 597
 Овчинников Д.Н. 399
 Овчинникова Е.В. 341
 Огородников А.Э. 102
 Одинокоев С.А. 716, 718, 723
 Окунева Т.Д. 916
 Олейник С.С. 526
 Олексюк Н.С. 550
 Онищук А.А. 910
 Опросичев А.А. 129, 158
 Орешечкин С.С. 363
 Орешкин Д.И. 675
 Орлов А.А. 637
 Орлова Е.А. 758
 Осипов Д.И. 57
 Осипов М.В. 197
 Останин Д.А. 759
 Остапюк С.И. 671
 Офицерова Т.И. 574
 Очкин А.В. 34
 Ошкова В.А. 831
П
 Павленко Д.А. 911
 Павлов В.В. 26, 885, 903
 Павлов О.В. 228, 302, 319
 Павлов П.В. 328
 Павлов С.В. 348
 Павлова М.С. 303
 Павлюченкова В.О. 31
 Падакла М.А. 613
 Палтиевич А.Р. 595
 Паневин А.Ю. 35

- Пантелеев А.В. 533,
540, 545, 549, 551,
558, 559, 560, 562
Пантелеев И.Ю. 803
Парафесь С.Г. 78
Парубин Д.Ю. 36
Парфенюк Д.А. 244
Паршикова И.А. 119
Паршин А.С. 444
Пахольченко А.А. 173
Пахомова Д.П. 636
Пашков О.А. 137
Паяниди Я.А. 717
Педраццини Н.Н. 445
Переломов К.А. 58
Персиянцев К.С. 113,
150, 807
Перфильева В.С. 575
Петров А.В. 428, 431
Петров Н.А. 576
Петровичев Д.М. 600
Пехотина Г.В. 374
Печерская Е.А. 266,
543, 602, 605
Пещерова А.А. 146,
152, 794
Пилипенко А.А. 600
Пинтелин Е.С. 130,
141
Пинчукова И.А. 258,
265, 333
Пирожихин А.А. 175
Писарев А.А. 153
Пискунов Е.В. 5, 15
Пихур В.В. 82
Пишун И.К. 37
Платонов М.С. 617
Плыкин Е.И. 46
Плюснина И.О. 673,
678
Поволоцкий А.Н. 862
Подгорный Д.А. 66
Подковыров М.Д. 374
Подколзин Д.Д. 484
Подосян Г.А. 213
Подшибякина В.А.
153
Поздняков А.В. 633,
638
Поздышева М.А. 304
Покачалов М.Р. 215,
481, 485
Покидько А.М. 103
Покровский С.В. 324
Полетаев А.О. 131,
136, 181
Полухин А.А. 661, 832
Поляков Л.В. 39
Полякова Е.А. 72
Полянский В.В. 482,
489
Понизыйкин М.А. 77
Пономарева В.С. 716,
718
Пономаренко А.Д.
646, 673
Попов А.А. 663
Попов В.Д. 486
Попов Л.В. 487
Попов М.А. 306
Попов С.А. 9
Попов Ю.И. 48
Попова А.Г. 245
Попова Н.С. 551
Попцов В.Л. 116
Попыкин А.В. 306
Портнов А.В. 350
Поспелов Г.А. 502
Правило М.Н. 477,
498
Предеин К.В. 403
Преснова Е.С. 488, 677
Преснова К.В. 132
Присяжная Е.В. 155
Проданик В.А. 761
Прозоров Е.И. 552
Прокофьев С.А. 73
Пронина В.А. 786
Пронина П.Ф. 429
Проничева А.В. 446
Пронькин А.Н. 212,
214, 222
Пронькина И.В. 135
Просунцов П.В. 18
Прохоров А.Д. 719
Прытков Р.В. 375, 429
Пряжников М.Е. 912
Псеунов Д.Р. 524
Пташник Е.А. 214
Пузанов М.Д. 63
Пузин Д.А. 176
Пурыскина А.В. 720
Пухаев В.Э. 307
Пучкова А.И. 762
Пучкова В.Д. 577
Пушкарев А.Д. 308
Пушкарева М.Б. 686,
725
Пыринов А.Е. 804
Пырков И.М. 831
Пятыго М.И. 366
Р
Рагулин И.А. 59
Разинкин И.О. 351
Райсов Р.Р. 890
Раков С.М. 722
Раменский В.Л. 198,
264
Рахманин В.Ю. 553
Редников С.Н. 334
Редькина Е.Е. 833
Ремизов А.Е. 107
Ремизов И.И. 215, 485
Решетников М.Н. 381
Ржанов Е.А. 217
Родзиковский Т.А. 462
Родионов В.С. 309
Родригез С.О. 555
Рожков Д.А. 352
Рожков Д.М. 40
Рожкова К.О. 615, 623
Рожкова М.В. 97
Розанов И.А. 189
Ролдугина Д.Д. 74
Роман Д.Б. 877
Романов А.П. 105
Романюк А.В. 133
Рублева С.С. 723
Рудаков А.А. 578
Рудаков Н.В. 246
Руденко Е.В. 353
Рудой И.А. 406
Рузняев А.О. 266, 602
Рукавичников Артём
891
Рукоусев Д.А. 354
Румянцев К. 637, 641
Румянцева М.А. 724
Руссо Н.Д. 772
Рутковский С.А. 355
Рухлинский К.А. 725
Ручина Н.В. 488, 677
Рыбаков К.А. 561
Рыбакова Л.В. 742
Рыбалов И.С. 376
Рыбников С.И. 186
Рыжакова О.М. 634,
638
Рыжков В.В. 403
Рыжкова А.Д. 834
Рыкалин А.В. 247,
253, 509

- Рындина С.А. 763
 Рысбаев Н.Б. 892
 Рычков А.С. 218
 Рычкова А.Д. 377, 670
 Рютин И.Г. 263
 Рябинкин М.С. 201
 Рябкова Г.В. 829
 Рябов А.А. 638, 639, 641
 Рябцева М.В. 179
 Рязанов В.А. 172
 Рязанцев А.Ю. 149
 Ряховский А.П. 604
 С
 Саакян В.В. 603
 Сабирзянов А.Н. 101
 Сабирова З.Б. 894
 Сабитов А.С. 893
 Сабитов Р.А. 618
 Сабо С.Е. 378
 Сабурова С.П. 555
 Савельев Д.О. 675
 Савельев С.К. 105
 Савенко А.В. 75
 Савин Д.В. 331
 Савина Ю.К. 695, 726
 Савинков Н.Т. 467
 Савицкая Ю.А. 619
 Савкин А.В. 206, 218
 Сагадинова Г.Б. 875
 Сазонов В.С. 556
 Саитгалиева А.З. 621
 Сайкина Т.С. 74
 Сакульцанов В.А. 333
 Салиенко А.Н. 674
 Салиенко Н.В. 648, 649, 667
 Салимгареева В.Р. 454
 Салимжонов Б.М. 219
 Самалова Л.Е. 894
 Самаров С.Е. 579
 Самойлов А.В. 134
 Самойлова К.И. 286
 Самородова Н.О. 727
 Самосудова Е.И. 24
 Самуйлов Д. 525
 Сан Лин Аунг 186
 Санталова Я.А. 378
 Сарсенова А.Р. 894
 Сафин А.Р. 187
 Сафонов В.Г. 249
 Сверчков Д.М. 489
 Светличная Е.В. 135
 Сгибнева Е.А. 895
 Севальнев Г.С. 628, 633
 Северина Н.С. 525
 Севрюкова П.С. 76
 Селезнева А.А. 805
 Селезнева А.Е. 220
 Селиванов А.А. 412
 Селиверстов С.Д. 147
 Селиверстова Д.С. 683
 Селин А.И. 64, 82
 Сельвесюк Н.И. 190
 Селюгин С.В. 44
 Семенов А.А. 131, 136, 391
 Семенов А.А. 310
 Семёнов А.А. 115, 380
 Семенов Г.Е. 289, 320
 Семенова Д.О. 16
 Семенова Е.С. 41
 Семенченко Н.А. 74
 Семенюк Д.С. 177
 Семин А.С. 311
 Сергеев И.А. 113, 150, 807
 Сергеев И.В. 77
 Сергеев К.С. 765
 Сергеева В.П. 60
 Серебрякова К.Р. 463
 Серебрянский С.А. 20, 32, 43, 45, 509
 Серегин Д.А. 331
 Серов П.Г. 580
 Серов Ю.А. 464
 Серьезнов А.И. 106
 Сивишкин Н.А. 117
 Сидорович Е.Л. 31
 Силуянова М.В. 122, 126, 134, 138
 Симаков М.А. 913
 Симовин К.К. 529
 Симонов В.Л. 229
 Симонов К.И. 381
 Ситников А.В. 447
 Сихра П.А. 137
 Скачков А.С. 521
 Скворцова С.В. 641
 Скиба М.А. 914
 Склеимин Ю.Б. 302
 Скрипниченко Ю.С. 487, 504
 Скурихин Г.О. 250
 Скуфинский Г.Д. 77
 Сладкова Е.А. 452
 Смерчинская С.О. 537, 546
 Сметанин И.С. 604
 Смирнов А.А. 638, 639
 Смирнов В.В. 426
 Смирнов М.П. 17
 Смирнов П.А. 639
 Смирнов П.Е. 728
 Смольянинов Н.А. 808
 Соболев В.А. 356
 Собольников С.А. 484
 Соколов Е.В. 312
 Соколов И.А. 107
 Соколова А.С. 85, 108
 Сокольников Я.П. 490
 Солис Пинарготе 680
 Солобоева Н.В. 835
 Соловьев А.К. 264
 Соловьев В.В. 670
 Соловьева Е.О. 622
 Соловьянова М.А. 809
 Солодова А.Д. 703, 731
 Соломеин И.И. 837
 Сорокин И.Н. 251
 Сорокина К.М. 766
 Спирин А.С. 768
 Спирагин В.В. 392
 Старина О.Л. 405
 Старков А.В. 301
 Старов В.А. 156
 Старчиков А.С. 800, 837
 Старчикова И.Ю. 832, 837, 840
 Старых В.А. 839
 Степаненко А.С. 702, 707, 734
 Степаненко В.В. 78
 Степаненко Е.В. 724, 727, 734, 782
 Степанов А.М. 7
 Степанов А.С. 73, 475, 492
 Степанов В.С. 473, 501
 Степанов С.Е. 503
 Стёпина В.А. 42
 Степнова О.В. 800
 Сторчевой В.Ф. 326
 Страхолис М.С. 221
 Стрекалова П.О. 788
 Стрелец Д.Ю. 49
 Стрельников Е.А. 737

- Строгова С.А. 464
 Строгонова Л.Б. 435, 436, 444, 447, 449
 Стручков Ю.К. 492
 Ступнев Р.С. 840
 Ступников М.П. 292
 Субботина А.Д. 656
 Судилина Е.В. 815
 Судницын Г.Д. 427
 Судуров А.А. 405
 Сулейманов М.Д. 222
 Сумеркин М.Ю. 729
 Сунгатуллин С.Р. 526
 Суравейкин Е.В. 492
 Сурнин А.Д. 138
 Суров Н.А. 361
 Сусоев Н.П. 581
 Сугулова А.С. 313
 Сухов Е.А. 567
 Сухоруков В.Д. 100
 Сушко О.П. 700
 Сысоев И.Д. 258
 Сычев Д.В. 382
Т
 Тагибергенова Г.К. 858
 Талья Р.Л. 558
 Тараненко А.В. 739, 741, 746, 747, 748, 762, 769
 Тарасенко А.Н. 138
 Тарасов А.В. 139
 Тарасова Н.В. 689
 Тармаев А.А. 90
 Таскаев В.И. 582
 Тевс М.Д. 638, 641
 Текутьева В.О. 249
 Телешевский В.С. 863
 Темнов А.Н. 568, 591
 Терентьев М.Н. 394, 411, 425, 430, 433
 Терешонков В.А. 77
 Тесля Д.Н. 98
 Тимошева А.Ю. 675
 Тимошенко А.В. 241, 280
 Тинчурина Д.Р. 44
 Тисарев А.Ю. 127
 Титов Е.И. 43
 Титов Ю.П. 230, 233, 235, 312, 514
 Тихонов А.И. 786, 790
 Тихонов Ф.В. 272, 557
 Тищенко О.В. 915
 Ткач Э.А. 314
 Толбаев Д.Ж. 896
 Толбаева З.Е. 897
 Толкачев М.А. 44
 Томская А.К. 769
 Тонков Е.Ю. 585
 Тополкараев А.В. 789, 790
 Топорков Б.Д. 505
 Торгашов А.А. 771
 Торпачев А.В. 396
 Торрес Ильина К.Е. 272
 Торрес К. 557
 Травин Р.В. 61
 Траимов А.В. 63
 Трегубов П.А. 340
 Тришина С.А. 712, 730
 Троицкий А.Н. 8
 Трофимов А.В. 69, 472
 Трубченинова А.А. 823
 Трусов И.Н. 448
 Тузиков С.А. 362
 Тулегенова А.А. 898
 Туманов А.А. 117
 Туманов Е.А. 493
 Тушиков М.П. 428
 Туразян Л.В. 583
 Турбин Н.В. 658, 669
 Турык В.В. 375, 429
 Тучков Н.А. 558
 Тушавина О.В. 416
 Тушина А.С. 899
 Туяков Т. 608
 Тыщенко П.А. 841
 Тюменцев Н.А. 223
 Тюменцев Ю.В. 223
 Тяглик М.С. 5, 502
 Тяпчева П.Р. 370
 Тясин А.Ю. 157
У
 Уваров К.Ф. 140
 Укрюков Е.Д. 292
 Уливанов С.Ю. 405
 Ульянов А.И. 449
 Ульянова Н.В. 23
 Умникова Е.С. 178
 Уразбаев М.А. 900
 Усанов А.И. 354
 Усс Е.С. 252
 Устинов А.С. 406
 Устинов К.А. 149
 Утемуратов Е.У. 901
 Уткина А.А. 488, 677
 Ухов С.Д. 480
 Ушаков Д.А. 615, 623
 Ушаков И.О. 45
 Ушаков П.В. 129, 158
Ф
 Фадеев Д.В. 584
 Файзуллин И.Р. 497
 Файнбург Г.Д. 722
 Фалалеев С.В. 125
 Фалина А.В. 772
 Фашевский Н.Н. 217
 Феденев А.А. 383
 Федечкин К.С. 95
 Федоринова С.С. 773
 Федоров А.А. 600, 630
 Федоров Н.А. 333
 Федорцов Р.С. 604
 Федосеев С.Ю. 96, 101
 Федотова М.А. 781
 Феклистова А.А. 179
 Фетисов Б.В. 383
 Фетисова М.Р. 766
 Филинов Е.П. 84, 145, 174
 Филиппов Г.В. 247, 253, 509
 Филиппова А.С. 86
 Фильцев П.В. 774
 Фирсин А.О. 624
 Фомичев А.В. 207
 Фофанов Ю.О. 585
 Франкштейн К.А. 731
 Фукин И.И. 588
Х
 Хажакян В.О. 635, 643, 810
 Хаймович А.И. 611, 617
 Хайретдинов Р.М. 334
 Хайретдинова К.Т. 334
 Халтурин С.С. 775, 829
 Халиявка Н.С. 18
 Ханова И.Р. 254
 Харисов А.Р. 213
 Харитоненков А.И. 299
 Харламов А.Н. 352
 Харламова К.И. 619
 Хартов С.А. 164, 165
 Хаустов А.И. 446, 451
 Хвошнянская Е.А. 559

Хетагов Р.С. 191
 Хижняков Д.Г. 560
 Хитин А.М. 586
 Хлебодаров Д.А. 181
 Хомутская О.В. 294
 Хорoshiлов А.А. 247,
 253, 506, 509
 Хохлов Д.Н. 408
 Хренникова А.С. 587
 Хрипунов И.В. 588
 Хрянин С.С. 602
 Хтет У Хлаинг 185
 Худяков О.С. 589
 Худякова А.Д. 54
 Хунузиди Е.И. 719
 Хусаинов Б.А. 430

Ц

Цапков И.Д. 46
 Цветков В.Э. 357
 Цибарт У.И. 455
 Цыбиков Т.Т. 504
 Цыкин И.А. 527

Ч

Чайка Н.К. 777, 784
 Чедрик В.В. 41
 Чекин А.Ю. 201, 564
 Чекина Е.А. 577
 Чемоданов В.Б. 67,
 185, 203, 234, 286,
 515
 Чередников Р.Ф. 450
 Черкасов М.С. 494
 Черненко О.С. 590
 Черненко Д.В. 642
 Черненко Т.В. 642
 Чернова А.А. 138
 Чернушенко Д.А. 451
 Чернышева Г.Н. 682,
 696
 Чернышов А.Ю. 498
 Чечуро В.В. 163
 Чжан Ю. 591
 Чжао Юйсюань 732
 Чибизов А.А. 495
 Чижик А.П. 265, 333
 Чирков М.А. 916
 Чистякова И.Е. 734
 Чихрина У.С. 266
 Чуйко А. 592
 Чумаченко А.А. 255
 Чуракова А.Д. 842
 Чурюмов А.Ю. 629
 Чуянова Е.С. 179

Ш

Шайхаттарова А.Р. 47
 Шайхутдинов А.Р. 811
 Шалаев А.М. 267
 Шалин А.В. 639
 Шалынков С.А. 182,
 494
 Шамрадинова А.Б. 902
 Шангин И.А. 448, 793,
 799
 Шапагин А.В. 645,
 646, 673, 678
 Шапиро И.Д. 678
 Шапиро Н.С. 22
 Шарафутдинов Р.Р.
 143
 Шаринский Д.С. 384
 Шаройко Е.А. 821
 Шаронов Д.В. 625
 Шафир Р.С. 280
 Шашкова Д.М. 431
 Шведов А.В. 478, 493,
 647
 Шевцов И.А. 315
 Шевко А.В. 79
 Шевкунов С.П. 47
 Шевцов А.В. 794, 803,
 804, 809
 Шевцов Д.А. 323, 329
 Шевцов Е.А. 169
 Шевцов М.С. 268
 Шевцов С.А. 553
 Шевченко Е.Р. 385
 Шевченко С.Р. 643
 Шеина М.А. 437
 Шейпак О.А. 802
 Шеломанов Д.А. 476
 Шепелева А.Э. 605
 Шерматов Е.Д. 561
 Шеставина А.С. 316
 Шестихин Н.А. 317
 Шестопалова О.Л.
 857, 880, 881, 883,
 889, 891, 896
 Шилин П.Д. 39, 92
 Шилкова А.А. 679
 Шилов М.С. 119, 131,
 135
 Шингарева Я.И. 830
 Шинкарьок Н.С. 371,
 386
 Шипневская Е.А. 387
 Шипунов С.Л. 48
 Шипшев Р.Б. 680

Широбоков М.Г. 579
 Широков А.И. 30
 Широков М.В. 49
 Широкожухова А.А.
 153

Шишкина В.Р. 734
 Шишов Д.М. 330
 Шлапаков Е.В. 315
 Шлепанов В.А. 269
 Шляховский Н.А. 109
 Шмаков М.Е. 81
 Шмачилин П.А. 348
 Шмелева А.Н. 183
 Шнырева Е.А. 318
 Шпагина А.О. 465
 Шпихернюк А.А. 224,
 479

Шувалов Д.В. 383
 Шумилов Р.Р. 224
 Шустов С.А. 118

Щ

Щербак И.В. 130, 141
 Щербакова Е.С. 741
 Щегинин И.В. 324

Э

Эзугбая Г.Д. 110
 Эйсмонт Н.А. 590
 Элькинсон М.Л. 319
 Эрбис А.М. 432
 Эрнандэс М.М. 117

Ю

Юдин И.А. 652
 Юдина А.И. 724
 Юзлибаева А.Р. 528
 Юкина Д.Р. 529
 Юркин А.А. 619, 621
 Юрков С.А. 903
 Юрловский Е.А. 409
 Юрочкин Г.А. 593
 Юрьев А.И. 66, 194,
 479
 Юсупов Т.М. 319

Я

Языков А.А. 530
 Яицкий Г.В. 433
 Якимов А.Е. 109
 Якимова А.В. 51
 Яковлева А.А. 562
 Яковлева В.Ю. 111
 Якубовский С.В. 363,
 578
 Якушкин Д.В. 100
 Якушкина Н.В. 909,
 911

Янин Д.В. 460
 Янышев Д.С. 141
 Ярославцева О.М. 64,
 82
 Ярулин Э.Р. 320
 Ясенцев Д.А. 356
 Яценко Д.С. 226
 Яшина М.В. 563, 580,
 581
В
 Busurin V.I. 852
Н
 Han Dongyang 844

Huan Chen 845
К
 Keyno P.P. 845
 Kirillov V.Y. 853
 Koshelev B.V. 851
М
 Makarenkova N.A. 847
 Marenkova N.A. 854
Р
 Rudoi I.A. 846
С
 Sharma Joshita 846
 Smirnov V.Y. 849

Т
 Tafira Prisca 847
В
 Vasilyev F.V. 848
 Vasilyev F.V. 844
W
 Wei Wenwen 848
Y
 Yan Xutong 849
 Yang Yanjun 851
 Yao Lei 852
 Yinong Shao 853



**Сборник тезисов работ международной
молодёжной научной конференции
LI Гагаринские чтения 2025**

Издательство «Перо»

109052, Москва, Нижегородская ул., д.29-33, стр.27, ком.105

Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36

Подписано к использованию 05.08.2025.

Объем 2,1 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 830.