В сборник включены тезисы докладов, представленных на Всероссийской студенческой конференции «Студенческая научная весна», посвященной 85-летию со дня рождения академика И.Б. Фёдорова. Сборник представляет интерес для студентов, аспирантов и преподавателей вузов.

Тексты докладов размещены в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

ISBN 978-5-908031-29-5

«СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА»

ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, ПОСВЯЩЁННАЯ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА И.Б. ФЁДОРОВА

Министерство науки и высшего образования РФ
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Студенческий научно-технический центр

ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА»,

ПОСВЯЩЁННАЯ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА И.Б. ФЁДОРОВА

Москва
01-24 апреля 2025 г.

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Министерство науки и высшего образования РФ

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Студенческий научно-технический центр

ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА», ПОСВЯЩЕННАЯ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА И.Б. ФЁДОРОВА

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

г. Москва, 01-24 апреля 2025 г.

УДК 001
ББК 72
М 75

М 75 Всероссийская студенческая конференция «Студенческая научная весна», посвященная 85-летию со дня рождения академика И.Б. Фёдорова (Москва, 01-24 апреля 2025 года): сборник тезисов докладов / Министерство науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н.Э. Баумана; предисл. А. Л. Дёмин. М.: ООО «Издательский дом «Научная библиотека», 2025. 768 с.

ISBN 978-5-908031-29-5

В сборник включены тезисы докладов, представленные на Всероссийской студенческой конференции «Студенческая научная весна», посвященной 85-летию со дня рождения академика И.Б. Фёдорова. Сборник представляет интерес для студентов, аспирантов и преподавателей вузов.

Тексты докладов размещены в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

УДК 001
ББК72

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

© Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2025

ISBN 978-5-908031-29-5

ИГОРЬ БОРИСОВИЧ ФЁДОРОВ



Мне выпало быть помощником Игоря Борисовича Фёдорова в течение семнадцати лет, с 2004 г., когда он был ректором, с 2010 г., со времени его перехода на пост президента, и с 2020 г., когда он занял должность советника при ректорате. Игорь Борисович стал в 1991 г. первым избранным ректором нашего вуза после 70-летнего перерыва: с 1922 г. ректоров назначало министерство, а его выдвинул и поддержал коллектив МГТУ им. Н.Э. Баумана. К тому времени он в течение пяти лет был проректором по научной работе, заслужив большой авторитет. Тогда же он провозгласил девиз «Образование через науку», по которому потом работал всю жизнь.

Спустя год после его избрания начались «лихие девяностые», когда на самом верху страны ставился вопрос о сокращении числа технических вузов, поскольку инженеры, якобы, сейчас не очень нужны. Призыв некоторых горе-реформаторов был: «Мы все купим за рубежом!». Игорь Борисович стал одним из ректоров, кто занял непоколебимую позицию по сохранению технического образования, отстаивая ее перед Государственным комитетом по образованию и перед руководством страны. Потому мы сейчас имеем возможность быть и оставаться бауманцами, учась и работая в одном из лучших технических вузов мира. Одновременно шла речь об отмене в вузах военной подготовки; И.Б. Фёдоров с другими ректорами активно этому воспрепятствовал. Тогда же резко уменьшилось финансирование государственных организаций. Нынешние студенты могут не поверить, что в первой половине 1990-х годов во многих организациях месяцами не выплачивалась зарплата сотрудникам, даже та мизерная, что существовала тогда, так как их руководители прокручивали получаемые средства через банки, незаконно получая большую прибыль. В МГТУ им. Н.Э. Баумана же все сотрудники, от проректора до уборщицы, получали свою зарплату день в день и копейка в копейку; в этом заслуга исключительно ректора И.Б. Фёдорова. В те годы его избрали председателем Совета ректоров вузов Москвы и Московской области, и он приобрел еще больший авторитет в городе и среди руководителей финансовых организаций. Благодаря этому он мог ежемесячно брать кредит в одном из банков и выплачивать эти деньги сотрудникам и студентам вовремя в виде зарплат и стипендий. Потом, с большой задержкой приходили деньги из министерства, и МГТУ возвращал долги банку; так продолжалось ежемесячно до начала 2000-х годов, когда государство привело финансирование в норму. Игорю Борисовичу регулярно удавалось получать финансирование на те или иные нужды Университета, когда другим вузам это было недоступно, – таков был авторитет МГТУ и его ректора. Коллектив регулярно получал премии, о чем сотрудники множества организаций и вузов даже не мечтали. При этом расход всех поступивших денег он контролировал лично, и в МГТУ не было места коррупционным скандалам, периодически сотрясавшим многие организации и вузы. В ходе решения ежедневно возникавших проблем проявились его лучшие качества, роднившие его, сугубо штатского человека, с военачальниками: способность видеть перспективы развития и принимать по ним решения, руководить их реализацией, принимая полноту ответственности на себя. Тогда же, в кризисные годы, благодаря его постоянным заботам, в МГТУ появились

новые факультеты, кафедры и специальности. В 1994-1995 учебном году из-за нового сокращения в стране денег, отпускаемых на образование, Университету нечем стало оплачивать счета за электроэнергию, возникла реальная угроза полного отключения вуза от электроснабжения. Ректор улаживал этот вопрос в течение полутора лет, пока не началось стабильное финансирование вуза на коммунальные нужды. Но в течение этого срока учебные пары проводились по 75 минут вместо 90, чтобы уменьшить время, потребное для работы при искусственном освещении.

Для привлечения талантливой молодежи Игорь Борисович сразу после избрания предложил ежегодно проводить олимпиаду для старших школьников «Шаг в будущее». Ее победители получали преимущественное право зачисления в Университет. Впервые ее провели в 1993 году, в ней приняли участие 72 школьника, а ныне каждый год участников бывает более 200 тысяч! Эту инициативу подхватил ряд российских вузов, и они теперь проводят свои олимпиады.

При всех сложных условиях 1990-х годов Университет непрерывно развивался. В 1993 году был открыт факультет «Инженерный бизнес и менеджмент», ныне в его составе шесть кафедр; в 1998 г. – факультет «Биомедицинская техника», единственный в стране, сейчас в него входит четыре кафедры; в 2004 г. – факультет «Лингвистика» в составе тех кафедр; он оснащен 15 лингафонными кабинетами, такого количества не имеют даже лингвистические вузы.

В 1996 г. усилиями ректора Университет получил статус особо ценного объекта культурного наследия народов России, что позволило ему обрести существенные льготы; в этом статусе МГТУ пребывает и сейчас.

Очень значительное приращение вуз получил в начале 2000-х годов. Ректору удалось получить крупные средства от города Москвы на достройку Учебно-лабораторного корпуса, где сейчас размещено множество кафедр и учатся студенты младших курсов. Строительство УЛК было остановлено в силу разных причин еще в середине 1980-х годов, когда Игорь Борисович еще не был ректором, и ему в 1991 г. достался недостроенный корпус с неработающими коммуникациями, куда никого переселять было нельзя. В последующие 1990-е годы о строительстве никто в стране даже не помышлял, ответ был всегда один: «денег нет!». Ректор И.Б. Фёдоров задачу введения в эксплуатацию и оснащения огромного и дорогостоящего корпуса успешно решил.

Когда я весной 2004 г. стал его помощником, перед высшим образованием России встала реальная перспектива новых огромных проблем. В руководство страны поступило предложение… о снятии вузов с государственного финансирования и о выдаче абитуриентам ваучеров (чеков) на платное образование! Программа такой разрушительной «реформы» обсуждалась на самом высоком уровне, была опубликована в центральных газетах. Активнее всего воспрепятствовали тому три деятеля высшей школы: В.А. Садовничий, ректор МГУ им. М.В. Ломоносова, И.Б. Фёдоров, ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана и Н.Н. Гриценко, ректор Академии труда и социальных отношений. В результате их упорной деятельности на уровне министерства образования и науки и на более высоком – правительственном уровне – им удалось убедить главных лиц страны в том, что это решение приведет к развалу высшего образования, и его отменили.

В 2005 году вуз широко отметил 175-летие со дня основания. Ректор И.Б. Фёдоров добился того, что Правительство страны выпустило постановление об этом праздновании. В соответствии с ним вуз получил обширное финансирование, на которое удалось провести реконструкцию корпуса СМ, в котором долгие годы прежде летом было очень жарко, а зимой холодно, и отремонтировать множество помещений. К юбилею десятки преподавателей и сотрудников получили государственные награды, в этом тоже заслуга Игоря Борисовича. В 2009 году под его неослабным руководством МГТУ обрел статус Национального исследовательского университета, что явилось признанием заслуг всего коллектива МГТУ имени Н.Э. Баумана. В последний год его ректорства он лично открыл новое общежитие рядом



со спорткомплексом – первое общежитие среди московских вузов с 1991 г. В течение его ректорского срока он был удостоен ордена «За заслуги перед Отечеством» трех степеней.

Все, кто знал Игоря Борисовича, отмечали его интеллигентность, воспитанность, неизменную доброжелательность в общении со всеми: со старшими, с равными ему и с младшими, высоко оценивали его оптимизм и чувство юмора, позволявшие ему разрешать острые коллизии, возникавшие регулярно. При этом он не был мягкотелым и безвольным, он мог жестко спросить с руководителя, не выполнившего задание, чему я не раз был свидетелем, а порой снять или уволить нерадивого сотрудника. Он всегда помнил, что ведут работу в вузе и создают его славу люди, которых нужно уважать, ценить и беречь. Он жил Университетом, постоянно чувствовал пульс его работы, долгие годы не брал отпусков, все время оставаясь «на капитанском мостике». Вся его семья: он сам, его верная и надежная супруга Тамара Сергеевна, дочь Людмила Игоревна, зять Валерий Егорович, внучка Мария окончили наш вуз, все они – бауманцы.

Вовлеченность в дела МГТУ не мешала Игорю Борисовичу интересоваться искусством, много читать, быть признанным эрудитом во многих областях, что меня удивляло не раз. Его любовь к поэзии А.С. Пушкина нередко поражала даже пушкиноведов, он мог ее часами декламировать наизусть. Многие коллеги из других вузов, в том числе зарубежных, дарили ему издания, портреты и статуэтки Пушкина. Немалую часть этого собрания, в том числе подаренный ему герб рода Пушкиных в большой раме он передал в библиотеку имени А.С. Пушкина, расположенную в Басманном районе рядом с Елоховским собором, где его можно увидеть.

Приняв пост президента МГТУ, Игорь Борисович приходил на работу каждый день, не превращая президентство в бессрочный отпуск, участвуя в делах вуза. Впоследствии, когда он долго и тяжело болел, его связь с Университетом не прекращалась, в ее поддержании участвовал и я. Уход Игоря Борисовича из жизни многие и многие преподаватели и сотрудники Университета восприняли как глубоко личную утрату. Память о ректоре и президенте МГТУ им. Н.Э. Баумана Игоре Борисовиче Фёдорове сохраняется и навсегда останется в сердцах всех, кто был под его руководством, кто с ним работал и его знал.

Помощник ректора И.Б. Фёдорова с 2004 по 2010 гг.
Дёмин А.Л.

РАЗДЕЛ «АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ»

УДК 519.6:532.54

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОЙ СРЕДЫ В ПОРИСТОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА SIMPLE

Бартоломеева Е.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
e.d.bartolomeeva@vpk.npomash.ru
Научный руководитель: Иванов М.Ю., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Изучение процессов фильтрации гомогенных жидких сред в искусственных пористых системах имеет важное прикладное значение. Актуальными являются задачи создания гетерогенных амортизирующих систем на основе лиофобных жидкостей и нанопористых тел, разделителей газовой и жидкой фаз из пористых сетчатых материалов для адаптивных капиллярных модулей, различных теплозащитных материалов, функционирующих на основе фазовых превращений, эффективных каталитических микрореакторов для однокомпонентных жидкостных ракетных двигателей [1]. Работа относится к области физической химии и посвящена проблеме прогнозирования состояния хроматографической колонки после выполнения специального химического процесса по разделению гомогенной смеси жидкостей [2]. Реализация такого прогноза основана на использовании методов математического моделирования. На начальном этапе целью исследования являлась разработка компьютерной модели процессов фильтрации жидкой смеси в порах сорбента (твёрдой фазы), которым заполнена колонка.

На основе феноменологической теории механики сплошных гетерогенных сред и понятия многоскоростного континуума, предложенные академиком Р.И. Нигматулиным, сформулирована нестационарная математическая модель движения гомогенной смеси жидкостей в твёрдом пористом сорбенте с учётом адсорбционного взаимодействия между фазами, характерного для хроматографического разделения смеси. Модель включает уравнения неразрывности и движения каждой компоненты смеси, а также соответствующие уравнения для смеси в целом. Скалярные и векторные функции, описывающие обмен массой и импульсом между фазами в процессе фильтрации, выбираются на основе эмпирических данных.

Для численного решения дифференциальных уравнений математической модели использован модифицированный вариант классического алгоритма SIMPLE (Сполдинг, Патанкар, 1970) [3]. Модификация алгоритма представляет собой использование специальной вычислительной процедуры, которая учитывает наличие в модели соответствующих скалярных и векторных функций, описывающих обмен массой и импульсом между компонентами смеси.

В среде MATLAB разработана программа, позволяющая выполнять компьютерное моделирование движения как отдельных компонент, так и всего объёма жидкой смеси в пористой среде (сорбенте колонки). Работоспособность программного инструментария подтверждена решением двумерной модельной задачи об установившемся движении несжимаемой нетеплопроводной подвижной жидкой фазы (элюента) в сорбенте. Получены графические зависимости, на которых отображаются распределения компонент и модулей векторов скоростей жидкости при малых числах Рейнольдса (менее 0,01), а также соответствующие поля давлений в колонке. Верификация созданного программного инструментария выполнена с помощью качественного сравнения полученных численных результатов и известных положений хроматографического метода.

Список литературы
1. Gauer M. et al. First results of PRECISE – Development of a MEMS-based monopropellant micro chemical propulsion system // Acta Astronautica. 2014. V. 93. Pp. 77-83. DOI: 10.1016/j.actaastro.2013.06.010.
2. Иванова Ю.П., Буряк А.К. Экспериментальное и теоретическое определение сорбционных характеристик производных 1,2,4-триазола методом жидкостной хроматографии и молекулярно-статистическим моделированием. Сорбционные и хроматографические процессы. 2024. № 24 (5). С. 620-630. DOI: https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12502.
3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости разделённым и совмещенным алгоритмом типа SIMPLE/ С.В. Лашкин и др. // Математическое моделирование. 2016. Т. 28. № 6. С. 64-76.

УДК 681.51:629.7.021

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРИКОПТЕРА

Бондарь А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
bondaraa@bmstu.ru
Научный руководитель: Карпунин А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Система управления трикоптера — комплекс аппаратных и программных средств, обеспечивающий стабилизацию, навигацию и выполнение задач трикоптером. Трикоптеры имеют три двигателя, однако используют четыре канала управления, поскольку один из двигателей — поворотный. В процессе движения требуется координация не только тяги двигателей, но и угла поворота одного из них.

Трикоптеры в настоящее время практически не представлены на рынке дронов, где доминируют квадрокоптеры из-за достаточно простой системы управления.[1] Однако стоимость трикоптера меньше из-за меньшего количества двигателей. А за счет поворотного механизма можно регулировать рысканье с помощью тяги одного винта, благодаря этому дрон становится более маневренным.

Получена математическая модель трикоптера, учитывающая его динамику, влияние тяги двигателей и угла наклона третьего ротора на общую траекторию полета. Модель описывает взаимосвязь между управляющими сигналами (скоростью вращения роторов, углом наклона) и выходными параметрами (положение, углы ориентации). Построение адекватной математической модели — это один из самых сложных этапов в работе с трикоптерами, из-за нелинейности и наличия перекрестных связей по разным осям.

На основе полученной математической модели разработана система управления на основе пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора. Проведена программная реализация модели системы управления трикоптером в среде MATLAB Simulink. Модель системы управления трикоптером создана для демонстрации основных принципов стабилизации и управления в полёте. Для упрощения реализации и повышения вычислительной эффективности из рассмотрения исключены следующие факторы: возможность отказов оборудования, этапы взлёта и посадки. Кроме того, модель не включает детальную имитацию работы датчиков, фильтрацию шумов, деформацию конструкции в условиях перегрузки. Эти упрощения позволяют сосредоточиться на ключевых алгоритмах управления. При необходимости модель может быть усложнена и использована в качестве основы для разработки программного обеспечения реального полётного контроллера.[2]

Бортовая измерительная система постоянно измеряет текущие значения параметров полёта трикоптера. ПИД-регуляторы сравнивают заданные значения переменных состояния

(высоту и углы ориентации) с их текущими значениями и вычисляют разницу – ошибку. ПИД-регуляторы, основываясь на величине ошибки, формируют управляющие сигналы. Блоки тяги получают управляющие сигналы с выходов ПИД-регуляторов и преобразуют их в конкретные значения тяги для каждого из трёх двигателей. Регуляторы скорости вращения двигателей получают значения тяги от блоков тяги и управляют мощностью, подаваемой на каждый двигатель, обеспечивая нужную скорость вращения. Изменение тяги двигателей приводит к изменению положения трикоптера в пространстве [3]. Текущие значения переменных состояния снова поступают на вход ПИД-регуляторов, и цикл повторяется. Это позволяет системе постоянно корректировать управляющие воздействия и поддерживать трикоптер в заданном положении и с заданной ориентацией.

Полученная модель позволяет исследовать влияние различных параметров на устойчивость и управляемость аппарата, а также тестировать различные алгоритмы управления, является полезным инструментом для дальнейшей разработки и оптимизации системы управления трикоптером.

Список литературы

1. Barsk K.-J. Model Predictive Control of a Tricopter: Examensarbete. Linköping: Linköpings universitet, Department of Electrical Engineering, 2012. 109 p.
2. Чжо Мьят Ту. Моделирование системы автоматического управления квадрокоптером на основе Л1 адаптивного управления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т. 9. № 6. 13 с.
3. Щекатуров А.М. Методика моделирования динамики октокоптера. Москва: ДМК Пресс, 2021. 228 с.

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНСПЕКТОРА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Верзилин С.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
verzilin_s@mail.ru
Научный руководитель: Георгиев А.Ф., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В настоящий момент ведется перспективная разработка российской орбитальной станции. Станция станет универсальной платформой для исследования космического пространства. Это открывает возможности для развития новой сферы космической техники по созданию группировки ближних и дальних инспекторов. Космические аппараты такого типа смогут проводить инспекцию орбитальной станции, спутников или иных космических объектов, выполнять их обслуживание и запуск с борта орбитальной станции.

К аппаратам, выполняющим инспекционное движение вокруг орбитальной станции, предъявляются жесткие требования по разработке пневматической системы и системы управления движением. Создание моделей всех систем инспектора позволит получить комплексную модель инспектора для отработки режимов функционирования аппарата. В работе рассматривается применение отечественного программного комплекса 1D-моделирования «МДС» [1] для комплексного моделирования систем инспектора.

Пневматическая система.

Реальная пневматическая система аппарата заменяется схемой замещения, представленной набором каналов, полостей и ступеней, объединенных в общую функциональную схему. При построении модели использовалась модель идеального газа на основе уравнения Сен-Венана [2]. Система включает в себя следующие компоненты модуля

«ПНЕВМО» ПК «МДС»: баки высокого давления (баллоны со сжатым воздухом), дроссели, коллекторы и двигательная установка. В качестве баллонов со сжатым воздухом выбраны баллоны от скафандра «Орлан-МКС» с давлением 300 атм. Двигательная установка на холодном газе включает в себя двигатель МД-08, использовавшийся ранее на средстве перемещения космонавтов. Регулирование дросселей происходит в соответствии с режимами полета на основе модели системы управления.

Система управления движением и стабилизацией.

Система строится с применением модуля «ТАР» ПК «МДС», для которого были разработаны библиотеки нелинейных элементов, позволяющих моделировать режимы полета инспектора. Переориентация (разворот на требуемый угол), относительное сближение (подлет инспектора к орбитальной станции) и стабилизация моделируются с использованием трехпозиционного релейного регулятора с гистерезисом и зоной нечувствительности при включении контура обратной связи по углу и угловой скорости. Инспекционное движение (относительное движение инспектора вокруг орбитальной станции) моделируется на основе уравнений относительного движения Хилла–Клохесси–Уилтшира [3]. При построении модели было введено допущение, что управляющие ускорения создаются только в плоскости орбиты при действии постоянного внешнего возмущающего момента. Инспектор при движении рассматривается как материальная точка по причине малости сил его гравитационного взаимодействия и орбитальной станцией в сравнении с внешним возмущающим моментом. Движение инспектора относительно орбитальной станции можно разделить на эллиптическое (движение инспектора по эллипсу относительно орбитальной станции) и вековое смещение центра эллипса. Преобразование исходных уравнений позволяет получить две независимых системы и рассматривать отдельно управление по вековому уходу, отдельно – управление эллиптическим движением.

Комплексная модель инспектора.

Разработанные системы объединяются в единую комплексную модель, что позволяет отрабатывать на модели все режимы полета аппарата. Тем самым формируется научно-технический задел для дальнейшей разработки инспектора российской орбитальной станции. В результате комплексного моделирования было оценено, что на проведение в автоматическом режиме одной инспекции продолжительностью 8 часов необходимо 2,5 – 3 кг рабочего тела. Учитывая максимальный запас рабочего тела 12 кг, на данном этапе закладывается 4 инспекции без дозаправки. В расчетах было учтено топливо, необходимое для возвращения на орбитальную станцию, и топливо на отлет инспектора от орбитальной станции в случае нештатной ситуации и возможного столкновения.

Полученные результаты используются при проведении комплексной наземной отработки с применением стенда пневматической системы инспектора и будут использованы при выполнении космического эксперимента на борту орбитальной станции.

Список литературы

1. Официальный сайт ООО «СПЕКТР ИКС». URL: https://spectrx.ru (Дата обращения 15.02.2025).
2. Георгиев А.Ф., Трудоношин В. А., Кюрджиев Ю.В., Верзилин С.С., Никулин Д.С. Выбор проектных параметров пневмогидравлической системы малого разгонного блока «БОТ» на основе результатов 1D-моделирования. // Инженерный журнал: наука и инновации. 2024. № 11. 13 с.
3. Аваряскин Д. П. Основы баллистического проектирования относительного движения космических аппаратов при групповом полёте: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2021. 76 с.

УДК 519.6:629.7.063.6

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИНЕРЦИОННОГО КЛАПАНА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ МАНЁВРЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Говорченко А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
gav20v006@student.bmstu.ru
Савенко Г.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
sgo20v059@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Иванов М.Ю., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В системах топливоподачи атмосферных манёвренных летательных аппаратов (ЛА) для отбора жидкого топлива применяются инерционные клапаны. Функционирование таких устройств основано на перемещении подвижных элементов (тарелей) под действием сил инерции, обусловленных ускоренным движением ЛА. Быстродействие клапана определяется величиной зоны нечувствительности при смене знака линейных перегрузок и скоростью их изменения вблизи невесомости (около нуля). Кроме того, наличие вибрационных перегрузок может являться причиной начала движения тарели. Поэтому манёвренные возможности ЛА, заданные системой управления, должны согласовываться с динамическими характеристиками инерционных устройств системы топливоподачи. Кроме того, полный цикл экспериментальной отработки клапанов сложно реализовать в условиях гравитации Земли. В связи с этим выполнение компьютерного моделирования функционирования инерционных клапанов представляется актуальным. Целью работы является исследование особенностей динамического поведения инерционных систем отбора жидкости из бака манёвренного ЛА в условиях воздействия линейных и вибрационных перегрузок. Для достижения сформулированной цели решались следующие задачи.

Первая задача работы – это выбор прототипа инерционного клапана системы топливоподачи. Рассматривался топливный бак ЛА, конструкция которого защищена патентом Российской Федерации на изобретение [1]. В качестве прототипа выбран клапан, поступательное перемещение подвижных элементов которого (тарели и груза) определяется вертикальной составляющей суммарного вектора перегрузки.

Вторая задача работы – это формирование нестационарной математической модели с сосредоточенными параметрами, описывающей функционирование инерционного клапана в условиях воздействия внешних сил. Модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений движения тарели и груза, которая дополняется уравнениями контактного взаимодействия между тарелью, грузом и корпусом клапана. Контактное взаимодействие зависит от коэффициента восстановления скорости, ограничивается минимальной величиной относительной скорости ударного взаимодействия, при которой удар считается абсолютно неупругим. Деформации тел приняты пренебрежимо малыми, гидродинамические эффекты, связанные с обтеканием жидкостью элементов клапана, не учитываются.

Третья задача работы – это выбор численного метода для решения дифференциальных уравнений математической модели и разработка программы в системе компьютерной математики MATLAB. В качестве численного метода использовался конечно-разностный метод Рунге-Кутты 4-го порядка аппроксимации [2]. В среде MATLAB разработана программа, позволяющая получать и визуализировать динамические характеристики клапана.

Четвертая задача работы – это кросс-верификация разработанной программы с помощью движка физического моделирования ProjectCHRONO на модельном примере [3]. Использована модель абсолютно неупругого контакта NSC (Non Smooth Contacts) при

описании взаимодействия твёрдых тел. Сравнение результатов численного моделирования динамических характеристик показало, что относительная погрешность кросс-верификации не превышает 2%.

Пятая задача работы – это проведение вычислительных экспериментов, демонстрирующих особенности функционирования выбранного прототипа инерционного клапана при отрицательных и положительных линейных околонулевых вертикальных перегрузках, а также при наличии вибрационных перегрузок различной частоты. Выполнена серия вычислительных экспериментов, в результате которых установлено влияние массы груза клапана, скорости изменения линейной околонулевой вертикальной перегрузки и частоты вибрационных перегрузок на изменение характера его динамических характеристик. Определены значения времени, при которых происходит начало движения тарели (приоткрытие клапана). Установлена зависимость времени перемещения тарели и груза из различных начальных положений в терминальную точку движения (полное открытие или закрытие клапана) в зависимости от массы груза и скорости изменения линейной околонулевой вертикальной перегрузки. Определены границы зоны нечувствительности клапана. Сформулированы рекомендации по реализации манёвренных возможностей ЛА с учётом ограничений, определяемых зоной нечувствительности.

Список литературы

1. Никитин В.И., Куранов Е.Г., Реш Г.Ф. Топливный бак летательного аппарата: пат. 2497724 РФ. Заявл. 09.04.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31. 8 с.
2. Бушуев А.Ю. Математическое моделирование дроссельных гидросистем синхронизации исполнительных органов летательных аппаратов: учебное пособие / А.Ю. Бушуев и др. 2-е изд., испр. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. 135 с.
3. Tasora A. Chrono: An Open Source Multi-physics Dynamics Engine / A. Tasora et al. // High performance computing in science and engineering: lecture notes in computer science. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2016. V. 9611. Pp. 19-49. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40361-8_2.

УДК 681.51:629.02:62-522

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО БОЛИДА

Кириллов И.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
ilya.kirillov03@yandex.ru
Научный руководитель: Карпунин А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Исполнительные приводы играют ключевую роль в развитии беспилотного транспорта и повышении его эффективности. Точность управления тормозной системой играет ключевую роль в обеспечении как высокой динамики, так и безопасности движения. В НОЦ «Bauman Racing Team» команда, состоящая из студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, впервые в России построила беспилотный электроболид, в котором одно из ключевых мест занимают исполнительные устройства. Ранее используемая двухпозиционная система торможения существенно ограничивала возможности точного управления, что особенно критично в условиях высокоскоростных маневров. Решение этой проблемы требует перехода к пропорциональному управлению, позволяющему плавно регулировать тормозное усилие в реальном времени в зависимости от текущих условий движения.

Основной целью проведенной работы стала разработка и практическая реализация системы пропорционального торможения. В ходе исследования проведен детальный анализ

механической части тормозной системы, включающей пневматический привод, воздействующий на педаль тормоза, и гидравлический контур, преобразующий механическое воздействие в тормозное усилие. Особенностью разработанной системы стало использование подчиненного регулирования давления пневматики, что позволило достичь точного контроля давления в гидравлической системе и, как следствие, плавного регулирования величины момента торможения [1].

Важнейшим этапом работы стала разработка электронного управляющего устройства, архитектура которого была разделена на цифровую и аналоговую части [2]. Цифровая часть на основе высокопроизводительного микроконтроллера отвечает за выполнение вычислительных операций, генерацию управляющих сигналов и интеграцию с общей системой управления болидом. Аналоговая часть обеспечивает обработку и фильтрацию сигналов с датчиков, реализацию параллельного мониторинга состояния системы и функции экстренного торможения. В ходе разработки успешно устранены недостатки предыдущей версии управляющего устройства, в частности, повышена точность работы аналоговой логики, увеличена скорость обработки данных и улучшена стабильность работы системы в целом.

Значительное внимание уделено вопросам идентификации и математического моделирования системы в рамках системной инженерии, которая активно внедряется в работу команды. В результате верификации величины момента торможения и проведенных исследований была получена передаточная функция, позволившая проводить детальный анализ работы системы и ее оптимизацию. Разработанная математическая модель дала возможность моделировать различные сценарии торможения, совершенствовать алгоритмы управления и развивать новую концепцию беспилотной тормозной системы. Использование нового подхода качественно улучшает понимание работы системы участниками команды различных отделов, что позволило разработать калибрующее звено, которое полностью изолирует систему управления от механических настроек педали тормоза и упрощает регулирование. Особое место в проекте заняло внедрение стандарта AUTOSAR для операционной системы реального времени, что позволило существенно повысить надежность работы системы, упростить процесс отладки и обеспечить переносимость программного кода между различными аппаратными платформами.

Практическим результатом проведенной работы стала полностью функциональная система пропорционального торможения, успешно прошедшая испытания на реальном болиде. Система продемонстрировала способность обеспечивать плавное и точное регулирование тормозного усилия, что существенно расширяет возможности управления болидом в различных режимах движения. Разработанное решение готово к применению на болиде нового поколения, разрабатываемого студентами в НОЦ «Bauman Racing Team» и будет использовано в ходе российских и международных соревнованиях «Formula Student» в классе беспилотных болидов.

Проведенные исследования и полученные результаты открывают перспективы для дальнейшего совершенствования системы пропорционального торможения. Основные направления будущих работ включают оптимизацию алгоритмов управления, расширение функциональных возможностей системы и адаптацию разработанных решений для гоночных болидов будущих поколений. Внедрение подобной системы на новом болиде позволит не только повысить конкурентоспособность команды в международном рейтинге, но и будет способствовать развитию технологий беспилотного управления в автомобильной промышленности в целом.

Список литературы
1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: научное издание в 3-х т. Т. 1. Основы аналоговой и цифровой схемотехники. М.: Мир, 1998. 359 с.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учеб. в 5-и т. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 656 с.

УДК 629.78

ОПТИМИЗАЦИЯ МАНЕВРА ДОВЫВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ ОРБИТУ

Коломиец Е.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kolomietses@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кирилюк Е.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

С 1990-х годов электрореактивные двигательные установки (ЭРДУ) активно применялись для довыведения космических аппаратов (КА) на целевые орбиты. Одним из ключевых подходов стала схема Спитцера [1], однако расширение использования ЭРДУ в качестве маршевых двигателей требует разработки более сложных алгоритмов управления. К числу задач, имеющих важное практическое применение, относится задача довыведения КА на геостационарную орбиту (ГСО), в данной работе рассматривается оптимальный закон управления вектором тяги, полученный с применением принципа максимума Понтрягина, необходимый для реализации подобного манёвра.

Критерии оптимизации.

В работе рассмотрено два основных критерия:

1. минимум времени перелета (задача оптимального быстродействия);
2. минимум затрат массы рабочего тела (при заданном времени перелета).

Принцип максимума Понтрягина позволяет преобразовать задачу оптимизации в краевую задачу для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), решение которой производится численными методами и является одним из самых сложных этапов при рассмотрении задачи оптимизации. Это связано с малой областью сходимости и выбором качественного начального приближения. Для уменьшения неустойчивости системы ОДУ и высокоточного вычисления частных производных матрицы Якоби применяются аппарат дуальных чисел и метод и комплексного шага [2], для решения краевой задачи Принципа максимума в контексте задач перелёта с ЭРДУ широкое распространение получил метод продолжения по параметру [1], сводящий решение краевой задачи к решению задачи Коши. Однако даже при высокоточном вычислении производных и использовании метода продолжения в матрице чувствительности (матрице частных производных от граничных условий по параметрам краевой задачи) происходят скачки из-за появления или исчезновения активных или пассивных участков, что приводит к отказу при решении краевой задачи. Для борьбы с подобным явлением предложено использование гомотопии между задачами с ограниченной мощность (ОМ) и ограниченной тягой (ОТ), получившее в последствии широкое распространение для решения задач перелёта с ЭРДУ. Очевидно, что для реализации гомотопии необходимо предварительно провести формализацию задачи ОМ и составить уравнение для гладкого продолжения полученного решения.

В данной работе рассматривается постановка ОТ без использования гомотопии, для решения краевой задачи используется метод внутренней точки [3], который представляет из себя алгоритм для минимизации функции с учётом ограничений. Для нахождения частных

производных матрицы Якоби не применялись дуальные числа и метод комплексного шага, использовались центральные разделённые разности. Получено решение задачи быстродействия для перелета КА на ГСО, далее решена задача оптимального перелета с ВЭО на ГСО в постановке «точка-орбита» при ограничении на время перелета (не фиксируется значение угловой дальности на правом конце). Решение последней задачи представляет из себя локальный минимум, для получения глобального минимума в общем случае необходимо варьирование угловой дальности перелёта, т.е. решение серии краевых задач для постановки «точка-точка». Глобально оптимальное решение с использованием метода внутренней точки было получено для нескольких значений ограничения на время перелёта.

В результате был получен оптимальный закон управления для перелёта КА с ВЭО на ГСО с ограничением на время перелёта по критерию минимума затрат рабочего тела, получено глобально-оптимальное значение угловой дальности перелёта, проведен анализ влияния параметров начальной орбиты перелета на характеристики траектории перелета. Для решения краевой задачи принципа максимума Понтрягина предложено использование метода внутренней точки, который в ряде случаев позволяет получать оптимальное решение, однако не избавляет от проблемы наличия скачков в матрице чувствительности.

Список литературы

1. Петухов В.Г. Оптимизация траекторий космических аппаратов с электроракетными двигательными установками методом продолжения. Дис. … д-ра техн. наук. 05.07.09. (Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов). 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. 05.07.09. (Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов). Москва: МАИ., 2017. 283 с.
3. Овчинников М.Ю. 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.

УДК 62-233.27

РАЗВИТИЕ БАЗОВОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПОД НАГРУЗКОЙ

Козеняшев П.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
Кучеров Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
ku4eroff.egor2017@yandex.ru
Научный руководитель: Кириловский В.В., к.т.н., доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Подшипниковые узлы широко применяют практически во всех отраслях промышленности. Их относят к очень ответственным элементам конструкций, поскольку выход из строя даже одного подшипника может привести к нарушению работоспособности всей машины, либо вызвать ее серьезную аварию или может явиться причиной значительных экономических потерь. В то же время подшипники — это очень уязвимые узлы машин, так как они часто работают в очень тяжелых и даже предельных условиях эксплуатации.

Долговечность подшипников зависит, в первую очередь, от величины действующих на них сил. В основе современной методики определения этих сил лежит упрощенное представление о работе подшипников. В расчетах общепринято подшипниковый узел заменять моделью в виде простой двухопорной балки, то есть балки, установленной на две

шарнирные опоры. Под силами, действующими на подшипники, следует понимать реакции в опорах данной балки. Однако, как показали исследования [1, 2] традиционная модель некорректно отражает реальные условия работы подшипников и может привести к значительным ошибкам в оценке долговечности.

Результаты исследований, проведенных под руководством доцента Кириловского В.В., убедительно показали, что в условиях реально действующей внешней нагрузки поведение подшипникового узла корректно описывает последовательность из пяти статически неопределимых расчетных схем. Формирование этих схем обусловлено сложным и постоянно изменяющимся характером взаимодействия деталей подшипников в процессе работы. Каждая из этих схем соответствует определенному диапазону внешней радиальной силы, что существенно отличает реальную картину от традиционной модели.

Важно отметить, что величины реакций в опорах новых статически неопределимых схем значительно превышают реакции, традиционно ожидаемые. То есть подшипники в действительности нагружены значительно в большей степени, чем принято считать. Оценка ресурса подшипников по общепринятой модели приведет к существенным расхождениям с действительностью. Расхождение может достигать нескольких десятков тысяч раз. В отдельных случаях, например, для шпиндельных подшипников, это расхождение может стремиться к бесконечности. Такая огромная разница в оценке ресурса подчеркивает важность учета реальной картины нагружения при проектировании и эксплуатации подшипниковых узлов.

С целью развития новой модели необходимо было, прежде всего, получить аналитические выражения реакций в статически неопределимых схемах, характерных для данной модели. Наибольший интерес представляет непривычная и часто сложная для восприятия схема – «две сдвоенные шарнирные опоры». В этой схеме каждый подшипник выполняет функции двух шарнирных опор одновременно. Для исследования реакций в данной схеме были применены два независимых и хорошо зарекомендовавших себя метода − метод трех моментов и метод Верещагина.

Метод трех моментов представляет собой классический метод строительной механики, предназначенный для анализа многопролетных неразрезных балок. Он основан на установлении взаимосвязи между внутренними силовыми факторами в трех последовательных опорах, с учетом параметров внешней нагрузки и геометрических характеристик системы.

Проверку решений, полученных методом трех моментов, выполнили методом Мора-Верещагина – широко известным графоаналитическим методом [3], предназначенным для определения перемещений в упругих системах. Этот метод основан на использовании интегралов Мора и позволяет упростить расчет перемещений за счет перемножения эпюр. Результаты, полученные обоими методами совпали, что является убедительным доказательством достоверности разработанной методики расчета реакций в схеме «две сдвоенные шарнирные опоры».

Проведенные исследования позволяют существенно повысить точность определения нагрузок, действующих на подшипники качения в реальных условиях эксплуатации. Это, в свою очередь, обеспечивает более адекватную оценку их ресурса и способствует повышению работоспособности подшипниковых узлов, особенно в ответственных и тяжело нагруженных системах. Разработанные методики могут быть успешно использованы при проектировании и эксплуатации подшипниковых узлов в различных отраслях промышленности, обеспечивая снижение рисков аварий и повышение экономической эффективности.

Список литературы

1. Кириловский В.В., Белоусов Ю.В. Экспериментальная проверка новых особенностей работы подшипников в условиях комбинированного нагружения // Строительная механика

инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т. 17. № 3. С. 278–287. DOI: http://dx.doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-3-278-287.
2. Кириловский В.В., Белоусов Ю.В. Теоретическое обоснование новых особенностей работы подшипников качения в условиях комбинированного нагружения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2021. Т. 22. № 2. С. 184–195. DOI: 10.22363/2312-8143-2021-22-2-184-195/
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учебник для втузов / 9-е изд., перераб. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. 512 с.

УДК 629.78

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕЛЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Кондратьев Е.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
eugenykondratyev@yandex.ru
Научный руководитель: Симоньянц Р.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В системах управления ориентацией и стабилизации летательных аппаратов (ЛА) для обеспечения требуемого качества переходных процессов и автоколебательных режимов, помимо датчиков угловой координаты, обычно применяют датчики угловой скорости (ДУС), представляющие собой сложные устройства, снижающие надежность системы, повышающие ее массу, габариты и потребление энергии [1]. Кроме того, из-за наличия шумов применение ДУС в установившихся режимах при чрезвычайно малых угловых скоростях вызывает большие трудности.

Стремление отказаться от датчиков угловой скорости, сохранив при этом высокое качество динамических процессов за счет использования дополнительной информации, получаемой в замкнутом контуре системы управления, сохраняется уже многие десятилетия. Существующие релейные системы с внутренней обратной связью (ВОС), охватывающей релейный элемент (РЭ), способны обеспечить без использования ДУС высокую экономичность в режимах автоколебаний. Уже с 1960-х годов на многих зарубежных и отечественных КА применялась апериодическая обратная связь (АОС). Однако релейные системы с АОС по качеству переходных процессов значительно уступают системам с полной информацией. Надлежащим выбором параметров АОС удается лишь компромиссно удовлетворить требованиям по качеству как переходных, так и автоколебательных режимов.

В работе [2] предложен метод «Диаграммы совмещений» (ДС), позволяющий осуществить синтез ВОС, обеспечивающий бескомпромиссное удовлетворение требованиям по качеству динамических процессов. Метод ДС основан на топологических преобразованиях 3-мерного фазового пространства переменных $\{x, y, z\}$, где $x-$ угловое отклонение объекта управления, $y = \dot{x}$ – угловая скорость, $z-$ сигнал ВОС, и введением дополнительного параметра – относительного времени θ, отсчитываемого от момента каждого включения РЭ. Управляющий сигнал σ на входе РЭ формируется как суперпозиция двух сигналов: $\sigma = x - z$. При этом сигнал $z = Z(\theta)$ является переходной функцией ВОС.

При разработке метода ДС в [2] его применение ограничивалось двумя условиями: 1) переменная $z = Z(\theta)$ после выключения управляющего воздействия к моменту каждого последующего включения РЭ обнуляется; 2) действующий на КА возмущающий момент пренебрежимо мал. Условия (1) и (2) позволили упростить математическую модель системы

и представить движение рассматриваемой нелинейной динамической системы третьего порядка на двух совмещённых плоскостях $\{x,\theta\}$ и $\{z,\theta\}$.

Метод ДС позволяет исследовать характер движений системы, на совмещённой плоскости $\{x,z,\theta\}$. Причем такая диаграмма по информативности обладает как свойствами фазовой плоскости, так и свойствами диаграммы Кенигса – Ламерея, используемой в методе точечных отображений (отображений Пуанкаре). Подробное описание метода ДС и особенностей построения переходных процессов и предельных циклов автоколебаний содержится в [2]. Использование метода ДС для анализа динамических процессов при нарушении указанных ограничений может привести к значительным ошибкам результата.
Стремление отказаться от ДУС, сохранив при этом высокое качество динамических процессов за счёт использования дополнительной информации, получаемой в замкнутом контуре системы управления, сохраняется уже многие десятилетия. Существующие в настоящее время релейные системы без ДУС, обеспечивают высокую экономичность в
Стремление отказаться от ДУС, сохранив при этом высокое качество динамических процессов за счёт использования дополнительной информации, получаемой в замкнутом контуре системы управления, сохраняется уже многие десятилетия. Существующие в настоящее время релейные системы без ДУС, обеспечивают высокую экономичность в .

Требование отсутствия возмущающего момента влечёт за собой ограничение на возможности применения метода ДС: он позволяет исследовать только простые симметричные предельные циклы (2-импульсные симметричные, одноимпульсные). Однако при действии малых возмущающих моментов в системе возникают и сложные предельные циклы. В их числе простой 2-импульсный асимметричный предельный цикл и множество сложных многоимпульсных автоколебаний. Поскольку параметры простых и сложных предельных циклов существенно отличаются, то и отличаются связанные с ними проектные параметры КА, например, энергетические ресурсы на стабилизацию заданной ориентации. Этим обусловлена актуальность задачи.

В настоящей работе предлагаются такие преобразования, которые видоизменяют «Диаграмму совмещений», позволяя устранить указанные выше недостатки. Основным нововведением является учет изменения угловой скорости на этапе дрейфа (участке движения с выключенным управлением), которое выражается в смещении основных элементов топологической структуры ДС. Полученный результат позволяет получать геометрические образы сложных периодических решений в плоскости ДС. Показано, что при действии постоянного возмущающего момента, основной элемент ДС, линия равных скоростей $\psi(\theta)$, «расщепляется» на две кривые, определяющие координаты новых узловых точек траектории предельного цикла. Получены аналитические выражения этих кривых.

Предлагаемая модернизация метода ДС значительно расширяет его возможности, позволяя исследовать переходные процессы, сложные автоколебательные режимы и бифуркации предельных циклов при действии постоянного возмущающего момента.

Список литературы

1. Симоньянц Р.П., Аверьянов П.В. Синтез релейного управления ориентацией и стабилизации космического аппарата, обеспечивающий высокое качество без применения датчиков скорости // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2018. №3 (120). С 104–119.
2. Симоньянц Р.П. Обеспечение качества процессов управления в релейной системе без датчика скорости // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. №10. С 152–178.

УДК 629.78

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ДЕСАНТИРОВАНИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ИЗ САМОЛЁТА-НОСИТЕЛЯ

Крюкова М.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
kmo2001@mail.ru
Научные руководители: Симоньянц Р.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rps@bmstu.ru;
Щеглов Г.А., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
shcheglov_ga@bmstu.ru

В современных реалиях, обусловленных активным развертыванием коммерческих спутниковых группировок, наблюдается значительных рост запусков, в которых основной полезной нагрузкой (ПН) являются малые космические аппараты (МКА). Проекты аэрокосмических систем с воздушным стартом (АКС ВС) отвечают требованиям всеазимутальности и оперативности пусковой услуги [1]. Перспективным направлением развития АКС ВС является концепция размещения ракеты-носителя (РН) в грузовом отсеке самолета-носителя (СН). Основные недостатки, проявляющиеся в ходе функционирования данных систем, связаны с возмущениями СН в процессе десантирования от изменения центровки самолета и от взаимодействия РН с вихревым следом. Возникающее при этом отклонение по рысканью [2] приводит к возрастанию угла атаки СН, создавая потенциальную угрозу возникновения нештатных ситуаций вплоть до аварийных режимов полета. Для парирования этих возмущений ранее был предложен проект пусковой установки (ПУ) с трансформируемой направляющей, оснащенной аэродинамическими рулями [3].

Целью настоящей работы является исследование возможности стабилизации СН в процессе десантирования РН с использованием предлагаемой ПУ. В работе были решены задачи формирования облика релейной системы управления ПУ для балансировки СН в процессе десантирования ракеты-носителя сверхлегкого класса (СЛРН), моделирование пространственной задачи, редуцированной модели автономных движений по трем каналам. Проведены исследования режимов управления в процессе десантирования, результаты которых вводятся в исходную задачу численного моделирования движения.

Специфическими особенностями объекта исследования являются значительными возмущениями и повышенными требованиями к точности работы. В ходе синтеза релейных динамических систем выявляются характерные узкие параметрические области существования множества сложных аттракторов. Эти характеристики усложняют применение классических методов анализа посредством функций последования. Вместо этого целесообразно переходить к численному моделированию траекторий движения на фазовой плоскости, включая разбиение исследуемого процесса на интервалы постоянства внешней нагрузки. Чтобы обеспечить глобальную сходимость решений и достижение приемлемых по точности предельных циклов, необходимо корректно выбирать начальное приближение. Такое приближение может быть получено на основе аналитического решения редуцированной модели.

Перед исследованием пространственной модели управляемого движения рассматриваются плоские модели движения по каждому из трёх каналов управления. Для управления движением и стабилизации используется трёхпозиционный релейный регулятор с гистерезисом. Аргумент релейной функции управления формируется как линейная комбинация фазовых координат системы – угла и угловой скорости. Исследование редуцированной математической модели одноканальной системы управления угловой ориентацией и стабилизации корпуса СН с постоянным возмущающим моментом

выполняется методом качественной теории нелинейных динамических систем на фазовой плоскости. Модель дополняется возмущающим моментом от нестационарной аэродинамической нагрузки. Области существования реализуемых в системе переходных процессов (ПП) и предельных циклов (ПЦ) определяются построением на фазовой поверхности методом точечных отображений Пуанкаре с построением диаграммы Ламерея для каждого из каналов.

Полученные параметры закона управления в ходе исследования плоских движений системы поканального управления вводятся в пространственную модель АКС ВС. Численное моделирование динамики десантирования подтвердило возможность стабилизации СН на всех этапах эксплуатации ПУ с использованием релейной системы управления.

Список литературы

1. АКК «Воздушный старт» Состав комплекса // Официальный сайт аэрокосмической корпорации «Воздушный старт». 2004. URL: http://eurasian-defence.ru/?q=node/2644 (Дата обращения 16.04.2025).
2. Короткий С.А., Щеглов Г.А. Численное моделирование аэроупругой динамики воздушного старта с учетом интенсивного вихреобразования // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. 2010. Спец. выпуск. С. 67-73.
3. Крюкова М.О., Щеглов Г.А. Исследование динамики процесса десантирования СЛРН с управляемой направляющей // Студенческая научная весна : сборник тезисов докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея (Москва, 01–30 апреля 2024 года). Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2024. С. 8-10.

УДК 531.36; 534.1

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОГО МАЯТНИКА

Михеев Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
mikheevdv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Симоньянц Р.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Исследуется нелинейная динамика параметрически управляемого физического маятника, имеющего вид трансформируемой конструкции с автоматическим приводом. Разработана математическая модель и алгоритм управления движением посредством целенаправленного изменения геометрии масс в функции текущего состояния системы.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки более совершенных методов управления ориентацией и стабилизации космических аппаратов (КА) с применением принципа адаптивной трансформации конструкции [1]. В работе [2] на примере геостационарного КА показана эффективность такого подхода: синтезирован алгоритм трансформации конструкции панелей солнечных батарей, обеспечивший значительное сокращение затрат массы и энергии на управление ориентацией и стабилизацию КА.

В настоящей работе ставится задача управления ориентацией и стабилизации только за счёт трансформации конструкции, без использования традиционных исполнительных органов (маховиков, реактивных двигателей и т.п.). Объект управления – физический маятник в виде двух жёстко связанных друг с другом стержней, расположенных ортогонально (схема «крест»). По горизонтальному стержню перемещаются две массы, положением которых управляют два электропривода, работающие по релейному закону с обратной связью по углу и угловой скорости.

Анализ существующих теоретических концепций управления маятниковыми системами [3] позволил выявить характерные закономерности их функционирования. Режимы

гашения начальной скорости вращения и режимы демпфирования колебаний относительно положения равновесия, которые реализуются в рассматриваемой системе, аналогичны тем, что получены в моделях маятника управляемой длины.

Однако предлагаемая в настоящей работе схема конструкции маятниковой системы позволяет расширить круг решаемых задач. Принципиальное отличие предлагаемой схемы заключается в возможности реализации разворота на заданный угол (в пределах значений, определяемых параметрами системы) и возможности стабилизации этого положения с наперёд заданной точностью.

Математическая модель системы разработана на основе уравнений механики движения твёрдого тела и теории управления с учётом упрощающих допущений: 1) перемещение подвижных масс из одного крайнего положения в другое реализуются мгновенно; 2) конструкция маятниковой системы – абсолютно твёрдое тело; 3) диссипативные силы отсутствуют.

Разработан алгоритм управления трансформацией конструкции, реализующий близкие к оптимальному по быстродействию переходные процессы. А в окрестности конечного состояния применен стандартный алгоритм трёхпозиционного релейного управления с зоной нечувствительности и гистерезисом. Управляющий сигнал релейной функции управления формируется как линейная комбинация сигналов от измерителя угла и измерителя угловой скорости движения.

Анализ динамики рассматриваемой нелинейной системы выполнен методом компьютерного моделирования с применением программного пакета MATLAB. Геометрическая интерпретация алгоритма управления дана в виде линий переключения на фазовой плоскости. Движение параметрически управляемого маятника представлено траекториями изображающей точки на фазовой плоскости.

Проведенное исследование показало высокую эффективность предложенного в [1] метода параметрического управления движением маятника посредством трансформации его конструкции. Полученные результаты подтверждают работоспособность алгоритма трансформации. Его применение обеспечивает как демпфирование колебаний, так и стабилизацию заданной ориентации в режиме автоколебаний или либраций без затрат энергии. Разработанный подход открывает новые возможности для создания высокоэффективных систем ориентации и стабилизации

Список литературы

1. Симоньянц Р.П. О разработке космического аппарата трансформируемой конструкции, оптимизирующей его свойства как объекта управления. // Сб. статей международной конференции «Перспективные задачи инженерной науки» (Москва, 13 мая 2021 года). Международная инженерная академия. М.: Изд. дом «Мастер». 2022. С. 216 – 222.
2. Симоньянц Р.П., Булавкин В.Н. Стабилизация орбитальной ориентации космического аппарата инерционными исполнительными органами с разгрузкой методом трансформации конструкции. Инженерный журнал: наука и инновации, 2024, В. 5. DOI:10.18698/2308-6033-2024-5-2359.
3. Безгласный С.П., Кутырева Н.И. Управление колебаниями маятника переменной длины. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. № 6-3. С. 589-593.

УДК 629.7.05

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Обижаев А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
Alex_Obiz@mail.ru
Научные руководители: Пилипчук С.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Симоньянц Р. П., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Рассматривается метод оценки величины внешнего возмущения в релейно-импульсной системе управления ориентацией космического аппарата, основанный на применении свойства энергетической квантованности аттракторов. Предлагается алгоритм косвенного определения внешних моментов по измеренным параметрам автоколебаний динамической системы с помощью построения бифуркационных диаграмм расхода энергии. Полученное решение используется для синтеза оптимальных параметров настройки системы управления. Эффективность предлагаемого алгоритма подтверждена результатами численного эксперимента.

При синтезе систем автоматического управления (САУ) ориентацией космического аппарата (КА) является актуальной задача определения величин внешних возмущающих моментов (ВВМ), вариации которых могут оказывать критическое влияние на параметры качества реализуемых динамических режимов [1]. Корректная оценка ВВМ по результатам обработки показаний измерительных органов САУ существенно затруднена или невозможна ввиду относительной малости величин возмущений, обусловленной природой их возникновения [2].

Цель работы: разработка алгоритма определения величин внешних воздействий на основе квантово-механической модели динамики нелинейной САУ. Решаются задачи разработки программы для построения бифуркационных диаграмм расхода энергии САУ КА и синтез алгоритма определения параметров настройки адаптивного управления ориентацией.

Рассмотрена одноканальная система управления угловой ориентацией и стабилизации корпуса КА с линейным формированием управляющего сигнала и релейным регулятором с зоной нечувствительности и гистерезисом. Для синтеза алгоритма определения ВВМ использованы свойства квантово-механической модели динамики релейно-импульсного управления, предложенные в работе [3].

Синтезируемый алгоритм определения ВВМ основан на предварительном построении бифуркационных диаграмм расхода энергии и последующем сравнении параметров реализующихся в полёте автоколебаний с соответствующими эталонными значениями. Поскольку каждый из возможных в рассматриваемой динамической системе аттракторов имеет в пространстве параметров ограниченные области существования, упорядоченные в соответствии с представлениями о квантово-механической модели, результаты прямого измерения параметров автоколебаний позволяют с заданной точностью определить величину действующего ВВМ, а исследование эволюции топологии бифуркационных диаграмм при вариациях параметров настройки САУ позволяет выработать рекомендации в части совершенствования алгоритмов управления.

Алгоритм построения бифуркационных диаграмм реализован в математическом пакете Wolfram Mathematica и включает в себя основной алгоритм построителя и включенный в него алгоритм определения параметров автоколебательного процесса с заданной точностью. Данный алгоритм способен строить бифуркационные диаграммы при вариации эффективности внешнего возмущения, коэффициента усиления обратной связи и при одновременной вариации обоих параметров. Для построения варьируемый параметр

изменяется из больших значений в меньшие и наоборот, что позволяет получить картину последовательных бифуркаций автоколебательных режимов и определить области их существования в плоскости варьируемых параметров. Для построения применяется метод варьируемого шага – после прохождения диапазона вариации параметров, области вблизи бифуркации проходятся снова с уменьшенным шагом.

При моделировании было рассмотрено адаптивное управление изменением коэффициента усиления обратной связи по условию установления предбифуркационного одноимпульсного предельного цикла. Также было проведено моделирование времени определения возмущения предложенных алгоритмом. Моделирование проводилось для объекта управления в условиях медленно изменяющегося внешнего возмущения, позволяющего рассмотреть квазистатическую постановку, примененную в данной работе. Моделирование подтвердило снижение времени работы исполнительных органов при использовании предложенного адаптивного управления.

Список литературы

1. Пилипчук С.В., Бобохина В.А., Портнов А.О., Шиканов А.И. Аналитическое определение параметров настройки нелинейной системы управления угловой ориентацией ка и физическое моделирование динамических режимов // Всероссийская студенческая конференция «Студенческая научная весна», посвященная 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. (Москва, 01-30 апреля 2024 года): сборник тезисов докладов. Министерство науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: ООО «Издательский дом «Научная библиотека». 2024. С. 4-5.
2. Симоньянц Р.П. Методы пассивной ориентации и стабилизации космических аппаратов: учебное пособие. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 132 с.
3. Симоньянц Р.П. Квантово-механическая модель динамики релейно-импульсного управления // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2016. № 3 (108). С. 88-101.

УДК 629.7.05

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ КА С АДАПТИВНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

Портнов А.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
portnovao@student.bmstu.ru;
Шиканов А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
shikanovai@student.bmstu.ru
Научные руководители: Пилипчук С.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Специальное машиностроение»;
Симоньянц Р.П., к.т.н. доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»

В условиях априорной неопределенности, случайного характера и нестационарности величин внешних воздействий, возмущающих движение КА, актуальной задачей является разработка систем управления движением, способных автономно оптимизировать динамические режимы путём автоматической коррекции настроек регуляторов в соответствии с результатами косвенных измерений значений возмущающих воздействий, поскольку системы управления с фиксированными параметрами настройки не позволяют обеспечить качество динамических режимов на длительном интервале функционирования, а коррекция настроек контура управления посредством обновления бортового программного обеспечения

по командам от наземного комплекса управления малоэффективна вследствие ограниченного быстродействия данной операции.

Цель работы: разработать алгоритм адаптивного изменения настроек регулятора системы управления ориентацией КА и исследовать эффективность его применения.

Решаются задачи: 1) синтез структурной схемы и алгоритма функционирования адаптивной системы управления угловой ориентацией; 2) подтверждение работоспособности и оценка эффективности метода адаптивной настройки регулятора численным моделированием.

Рассмотрена редуцированная математическая модель одноканальной системы управления угловой ориентацией и стабилизации КА с переменным внешним возмущением, алгоритм управления представляет собой трёхпозиционный релейный регулятор с линейным формированием управляющего сигнала.

Для синтеза структурной схемы и определения параметров настройки регулятора адаптивной системы управления угловой ориентацией КА использованы метод фазовой плоскости и программный комплекс символьной математики [1].

Синтезированный алгоритм адаптивного изменения настроек регулятора системы управления ориентацией КА работает по принципу самоорганизации: в ответ на изменение внешнего возмущения параметры настройки регулятора меняются таким образом, чтобы в системе устанавливались динамические режимы, близкие к оптимальным по критериям экономичности, точности и минимизации частоты задействования исполнительных органов. Параметром, реагирующим в ответ на изменение внешнего возмущения, является коэффициент усиления по угловой скорости участвующий в формировании управляющего сигнала. Коэффициент усиления вычисляется по аналитической зависимости от величины внешнего возмущения и требований к характеристикам динамического режима. Идентификация внешнего возмущения возможна различными способами: 1) через накопление траекторной информации и применение прогнозирующих фильтров; 2) через расчетную оценку с применением инженерных методик [2]; 3) по результатам дифференцирования сигналов измерителя вектора угловой скорости. Математическое моделирование динамических режимов управляемого движения КА выполнено в программном комплексе «SimInTech». Для апробации предложенной адаптивной системы были использованы данные о действующем внешнем возмущении полученные с КА связи «Ямал-200» [3]. Применение адаптивного алгоритма позволило снизить безразмерный расход энергии на *14,9%* и частоту включений ИО на *66,1%* в сравнении с системой с фиксированным набором настроек.

Показано, что предложенный алгоритм работы адаптивной системы автоматического управления ориентацией и стабилизации КА работоспособен и эффективен. По результатам математического моделирования установлено существенное повышение параметров качества динамических режимов по сравнению с системами, использующими фиксированные настройки регуляторов.

Список литературы

1. Пилипчук С.В., Бобохина В.А., Портнов А.О., Шиканов А.И. Аналитическое определение параметров настройки нелинейной системы управления угловой ориентацией ка и физическое моделирование динамических режимов // Всероссийская студенческая конференция «Студенческая научная весна», посвященная 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. (Москва, 01-30 апреля 2024 года): сборник тезисов докладов. Министерство науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: ООО «Издательский дом «Научная библиотека». 2024. С. 4-5.

2. Симоньянц Р.П. Методы пассивной ориентации и стабилизации космических аппаратов. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 134 с.

3. Севастьянов Н.Н. Создание математической модели внешних возмущающих моментов для режима «Прогноз» спутника связи «Ямал-200» // Вестник Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2013. № 4 (24). С. 85-96.

УДК 62-752.6

АКТИВНАЯ СИСТЕМА ГАШЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Портнов А.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
portnovao@student.bmstu.ru
Шиканов А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
shikanovai@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Хамидуллин Р.К., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»

Развёртываемые в космическом пространстве конструкции (антенные системы, гравитационные штанги, панели солнечных батарей и др.) имеют ряд уникальных достоинств: компактность при транспортировке, высокое соотношение объёма в открытом состоянии к закрытому, обеспечение большой площади рабочей поверхности при малой массе [1]. При этом увеличение линейных размеров таких конструкций приводит к снижению собственных частот колебаний, что особенно опасно при переориентации КА. Возникающие при переориентации низкочастотные колебания могут приводить к нарушению работы аппаратуры, снижению производительности КА, а также к усталостным разрушениям элементов его конструкции.

Для решения данной проблемы в работах [2, 3] рассматривалась возможность использования динамических гасителей колебаний (ДГК), позволяющих сократить время переходных процессов на 55%, при массе ДГК от 15 до 35% от массы защищаемой конструкции. При этом отмечалось, что применение радиального ДГК целесообразно только при больших значениях начальных возмущений, а орторадиального ДГК наоборот только в области малых возмущений.

В настоящей работе для сокращения времени переходных процессов предлагается подход, основанный на применении активной системы демпфирования, выполненной на основе системы управления угловой ориентацией. Проведено компьютерное моделирование активной системы демпфирования, а также валидация посредством специально разработанного экспериментального стенда.

В рамках математического моделирования изгибные колебания развертываемой конструкции представлялись в виде системы с одной степенью свободы вращения — маятника с торсионной пружиной заданной жесткости и демпфером. Гашение колебаний происходило за счёт демпфирующего момента, создаваемого установленными на конце маятника исполнительными органами (ИО) согласно управляющей функции, значение которой зависит от угла и угловой скорости колебаний маятника.

В качестве ИО рассмотрены различные газоструйные двигатели малой тяги. В результате компьютерного моделирования получены осциллограммы колебаний маятника без и с применением активной системы гашения колебаний. Отмечается снижение длительности переходного процесса (ПП) на *44,5%* при использовании активного демпфирования и газоструйного двигателя *МД5* в качестве ИО.

Для апробации предложенной системы был разработан и изготовлен экспериментальный стенд. Стенд включает в себя подвижный маятник, который закреплён в подшипниковой опоре рамы стенда; систему подачи сжатого газа, которая подключена к исполнительным органам системы – электроклапанам. Формирование управляющего сигнала

происходит микроконтроллером по информации, получаемой от датчика угла и угловой скорости, далее сигнал поступает на блок реле, где осуществляется коммутация силовой цепи открытия электроклапанов. Для управления стендом было разработано ПО на языке программирования (ЯП) C++, для обработки результатов экспериментов используется ПО на ЯП Python.

Авторами была проведена серия экспериментов: колебания маятника без включения активной системы демпфирования и колебания маятника с работающей системой демпфирования с двумя различными наборами настроек управления. В результате проведения экспериментов были получены данные об угловой координате маятника, угловой скорости и значении функции управляющего сигнала. Применение активной системы гашения колебаний позволило сократить время переходного процесса на *64,7%*. Также установлено, что применение настроек наиболее близких к оптимальным позволяет ещё больше снизить время затухания колебаний маятника: на *69,1%*.

В сравнении с результатами работы [2,3] можно отметить, что предлагаемая активная система гашения колебаний при аналогичном времени переходного процесса дает выигрыш в массе конструкции при количестве циклов демпфирования до *1090*. При этом на эффективность активного демпфирования не влияет нелинейная зависимость частоты колебаний от их амплитуды, проявляющаяся у конструкций малой жёсткости.

Список литературы

1. Large space apertures workshop. Overview. Keck institute for space studies. URL: https://www.kiss.caltech.edu/workshops/apertures/apertures.html (Дата обращения 21.04.2025).
2. Коцур О.С., Хрупа С.К. Применение динамических гасителей для сокращения времени переходных процессов элементов КА // Машиностроение и компьютерные технологии. 2017. № 5. С 57-73.
3. Хрупа С.К., Щеглов Г.А. Исследование динамических характеристик радиального динамического гасителя крутильных колебаний антенны космического аппарата // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. № 7 (79). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-dinamicheskih-harakteristik-radialnogo-dinamicheskogo-gasitelya-krutilnyh-kolebaniy-antenny-kosmicheskogo-apparata (Дата обращения 04.06.2025).

УДК629.7.022

КОНЦЕПЦИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОРБИТАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Рекунов И.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
Rekunov_ivan@bk.ru
Научный руководитель: Щеглов Г.А., д.т.н., первый зам. зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В данной работе представлена концепция высокопроизводительного орбитального автоматического центра обработки данных, в состав которого входит: вычислительный блок, энергетическая блок, блок ионных двигательных установок, блока антенно-фидерной системы. Аппарат расположен на солнечно-синхронной околоземной орбите, которая позволяет ему непрерывно получать электрическую энергию, за счёт применения солнечных панелей. В процессе написания работы была рассчитана баллистическая траектория вывода космического аппарата с опорной орбиты на рабочую и обратно для проведения диагностики и ремонта. Также спроектирован облик космического аппарата и разработана система развертывания солнечных панелей.

Интеграция технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в инфраструктуру ЦОД способствует оптимизации энергопотребления и повышению общей эффективности эксплуатации. Рост рынка интеллектуальных центров обработки данных обусловлен необходимостью поддержки облачных вычислений и ресурсоемких вычислительных задач. Согласно прогнозам, объем мирового рынка интеллектуальных ЦОД в 2024 году оценивается в 65 млрд долларов США с ожидаемым увеличением до 124 млрд долларов к 2032 году.

В представленной работе анализируется концепция переноса ЦОД на солнечно-синхронную орбиту (ССО). Орбитальные ЦОД характеризуются рядом существенных преимуществ по сравнению с наземными системами. Прежде всего, непрерывный доступ к солнечной энергии на ССО обеспечивает снижение эксплуатационных расходов и энергетическую автономность, устраняя ограничения, свойственные наземным электростанциям.

В настоящее время реализуются проекты по размещению ЦОД на околоземных орбитах, в частности, проект Starcloud компании Lumen Orbit [1], предусматривающий размещение на ССО вычислительного комплекса с суммарной мощностью солнечных батарей до 5 ГВт и вычислительной производительностью 16 Петафлопс, а также проект Orbital HPC-центр на базе спутника с солнечным питанием, разработанный под руководством Щеглова Г.А. и Морозова Л.Л. [2].

В рамках исследования разработан концепт орбитального ЦОД, включающий вычислительный модуль мощностью 76 кВт и производительностью 0,2 Петафлопса, энергетический модуль с солнечными батареями общей площадью 625 м² и мощностью 150 кВт, а также ионный двигательный комплекс из пяти ЭРД ТМ-50 с суммарным пиковым энергопотреблением 150 кВт и тягой 7,5 Н. В состав комплекса также входит лазерная антенно-фидерная система. Развертывание солнечной батареи осуществляется с использованием гибкой мачты [3]. Полная масса космического аппарата составляет 5200 кг, что позволяет его запуск с помощью ракеты-носителя тяжелого класса типа «Ангара А7.2».

В данной работе реализована модульная архитектура космического аппарата, состоящая из двух функционально взаимосвязанных компонентов: вычислительного модуля полезной нагрузки и энергетического модуля, обеспечивающего его автономное питание. Модульная архитектура орбитальных ЦОД обеспечивает практически неограниченную масштабируемость инфраструктуры, что критически важно для ускоренного развертывания и последующего расширения вычислительных мощностей. Ключевыми ограничениями развития традиционных наземных ЦОД являются дефицит электроэнергии и рост стоимости энергоресурсов, а также возрастающий спрос на вычислительные ресурсы, что приводит к необходимости долгосрочного развертывания мощностей.

В качестве полезной нагрузки планируется использовать суперкомпьютер JEDI (JUPITER Exascale Development Instrument) из списка GREEN 500 с энергоэффективностью 72,733 Гфлопс/Вт.

Для обеспечения непрерывного энергоснабжения и минимизации воздействия радиации выбрана солнечно-синхронная орбита на высоте 800 км, обеспечивающая практически постоянное освещение солнечными лучами и, соответственно, стабильную работу центра. На такой орбите аппарат движется вблизи линии терминатора, что позволяет солнечным панелям получать максимальное количество энергии.

После вывода аппарата на опорную низкой околоземной орбите (НОО) с высотой 200 км космический аппарат активирует систему энергоснабжения путём развёртывания фотоэлектрических преобразователей, после чего с помощью электрореактивных двигателей производится переход на расчётную солнечно-синхронную орбиту высотой 800 км.

Создание орбитальных центров обработки данных обеспечивает конвертацию солнечной энергии в космическом пространстве, исключая необходимость её передачи на поверхность Земли. Данный подход представляет собой перспективное решение для формирования информационно-территориально-промышленных комплексов на базе космических электростанций, способных генерировать ценные данные при минимальном воздействии на экологическую среду планеты.

Список литературы

1. Starcloud. URL: https://www.starcloud.com/ (Дата обращения 10.04.2025).
2. Щеглов Г.А., Морозов Л.Л. Orbital HPC-center based on solar power satellite // 2022 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT) (Samara, May 23 - 27, 2022). Samara: IEEE. 2022. Pp. 1–6.
3. Peypoudat V., Defoort B. Development of a 3.2m-long inflatable and rigidizable mast for space applications // Proceedings of the 7th European Conference on Space Debris (Darmstadt, 18 – 21 April, 2017). Darmstadt: ESA, 2017. DOI: 10.2514/6.2005-1881.

УДК 534.1

РАЗРАБОТКА УДАРНОГО ГАСИТЕЛЯ

Руднев С.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
serg.v.rud@mail.ru
Научный руководитель: Хамидулин Р.К., преподаватель, начальник НИС 03-30-01
МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Специальное машиностроение»
hamidullin@bmstu.ru

В представленной работе разработан гаситель для снижения амплитуды виброускорений, действующих на конструкцию при транспортировании. Для разработки гасителя совмещены идеи плавающего ударного гасителя [1] и низкочастотного нелинейного демпфера [2,3].

Разработанный ударный гаситель состоит из заполненного дробью корпуса, вывешенного при помощи резиновых тросов, по аналогии с аналитическими моделями, приведенными в [2]. Элементы корпуса выполнены при помощи 3D печати PLA-пластиком. За счет вывешивания получилось повысить эффективность ударного гасителя более чем в два раза.

Применение плавающего ударного гасителя для снижения виброперегрузок при транспортировании обусловлено его надежностью и простотой изготовления. Использование системы вывешивания ударного гасителя, позволило расширить частотный диапазон его работы и существенно повысить рассеяние энергии за счет увеличения скорости на гасителе. Аналитические решения систем вывешивания без ударного гасителя представлены в работе, а примером практической реализации являются системы сейсмозащиты, в частности используемая при строительстве небоскреба Тайбей в Тайване [3]. В нашем же варианте увеличение рассеяния энергии осуществляется при помощи перевода механической энергии в тепловую.

При проведении практических испытаний масса гасителя (0.13 кг, из которых 0.072 кг непосредственно масса дроби) составила менее 3 процентов массы защищаемой конструкции (5.45 кг), консольно-закрепленной к вибростенду. Экспериментально определено, что при вывешивании гасителя его эффективность повышается на частотах до 32Гц, при этом наиболее эффективный частотный диапазон гашения составил от 13 до 24Гц.

При креплении гасителя к защищаемой конструкции без вывешивания амплитуда ускорения снизилась на 12 процентов. Применение вывешивания ударного гасителя помогает снизить резонансную амплитуду на 26 процентов.

Список литературы

1. Челомей А.Н. Справочник Вибрации в технике в 6 томах. Т. 6. Москва: Машиностроение, 1981. 351 с
2. Kevorkov S.S., Koroleva I.P., Smirnov V.V., Gusarova E.B., Manevich L.I., Khamidullin R.K. Efficiency of a three-particle energy sink: experimental study and numerical simulation. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/e-ciency-of-a-three-particle-energy-sink-experimental-study-and-numerical-simulation (Дата обращения 23.02.25).
3. Аганова А.Ю., Комарова Н.Д. Инерционный демпфер «Сердце Тейбей 101». URL: https://cyberleninka.ru/article/n/inertsionnyy-dempfer-serdtse-teybey-101 (Дата обращения 27.02.25).

УДК 519.6:621.646.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Хамнуев К.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
hamnuevkirill2@gmail.com
Научный руководитель: Бушуев А.Ю., к.т.н. доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
alex_bush@bmstu.ru

В современных условиях повышения интенсивности и скорости дорожного движения проблема обеспечения пассивной безопасности пассажиров и водителей автомобилей приобретает особую актуальность. Одним из ключевых элементов систем пассивной безопасности являются газогенераторные модули автомобильных подушек безопасности, от которых напрямую зависят эффективность защиты и надежность срабатывания устройства при аварии. Корректный выбор конструктивных параметров газогенератора позволяет максимально быстро достичь необходимого давления и температуры газовой среды внутри подушки, обеспечив тем самым требуемую защиту при минимизации рисков для здоровья человека.

Решение задачи проектирования таких систем связано со значительной сложностью, обусловленной многообразием физико-химических процессов (горение твердого топлива, нестационарные термогазодинамические явления и др.), а также жёсткими нормативными требованиями к временным и параметрическим характеристикам срабатывания подушки безопасности. В этой связи применение математического моделирования и современных методов оптимизации становится эффективным инструментом для инженерного синтеза систем данного класса.

Настоящая работа посвящена построению математической модели внутренних процессов в модулях пассивной безопасности, разработке численного программного обеспечения для их анализа, а также решению задачи оптимального выбора параметров конструкции на основе минимаксного подхода и генетического алгоритма с учётом функциональных ограничений по основным характеристикам системы.

Методы и материалы

В работе построена комплексная математическая модель, описывающая физические процессы при срабатывании газогенераторного модуля подушки безопасности автомобиля. Модель включает систему из шести обыкновенных дифференциальных уравнений,

отражающих динамику основных параметров: давления, температуры и плотности газовой среды как в камере сгорания, так и в наполняемой полости, а также изменение геометрии заряда твердого топлива в процессе горения.

Для численного интегрирования полученной системы ОДУ применён метод Рунге–Кутты четвертого порядка, реализованный в программном комплексе на языке C++. При построении модели учтены особенности геометрии заряда (полый цилиндр), различные режимы течения газа через дроссель, теплообмен между компонентами системы и характерные параметры применяемых топлив.

Для решения обратной задачи выбора оптимальных геометрических параметров газогенератора и дросселя использован минимаксный критерий оптимизации и генетический алгоритм, что позволяет эффективно искать решения в условиях жёстких функциональных ограничений на давление и температуру в наполняемой полости подушки безопасности.

Предложено решение основной задачи проектирования системы пассивной безопасности, состоящее в сведение задачи обеспечения заданных функциональных ограничений к минимаксной задаче оптимизации.

Разработана математическое обеспечение решения задачи анализа и выбора основных параметров конструкции газогенератора и дросселя.

Список литературы

1. Кондратова О.А. Исследование рабочих процессов твердотопливных газогенераторов подушек безопасности: дис. ... канд. физ.-мат. наук. 01.02.05 (Физико-химическая гидромеханика (течения с химическими реакциями, горением, детонацией, фазовыми переходами, при наличии излучения и др.). Томск, 2007. 137 с.
2. Бушуев А.Ю., Иванов М.Ю., Коротаев Д.В., Реш Г.Ф. Математическое моделирование дроссельных гидросистем синхронизации исполнительных органов летательных аппаратов. 2 изд. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. 135 с.
3. Сиразетдинов Т.К. Методы решения многокритериальных задач синтеза технических систем. Москва: Машиностроение, 1988. 158 с.

УДК 629.7.022

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕЖПЛАНЕТНОЙСТАНЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУН САТУРНА, ДОСТАВЛЯЕМОЙ ПРИ ПОМОЩИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ В АТМОСФЕРАХ САТУРНА И ТИТАНА

Шмаков И.Д., студент
ash.sentinel2050@gmail.com
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
Научный руководитель: Дмитриев С.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В настоящее время наблюдается значительный рост интереса к исследованию внешних планет Солнечной системы и их спутников. В рамках этого направления предложено множество концепций миссий, включающих не только выход на орбиты спутников для глобального изучения, но и посадку на их поверхность для проведения контактных экспериментов [1, 2]. Однако подобные проекты сталкиваются с проблемами: либо чрезмерно длительным временем перелёта, либо высокой потребностью в топливе по сравнению с реализованными аналогами.

Цель данной работы — оценка целесообразности использования аэродинамического торможения в качестве баллистического манёвра для автоматических миссий к спутникам газовых гигантов с целью снижения массы аппаратов. В качестве объекта исследования выбран

Сатурн и его спутник Титан, представляющий значительный научный интерес из-за своего потенциала к поддержанию внеземной жизни и недостаточной изученности.

Для баллистического расчёта разработан программный комплекс на Python, позволяющий определить стартовое окно в период с 2035 по 2045 год, выполнить предварительный и уточнённый расчёты траектории (решение трёхмерной баллистической задачи в рамках невозмущённого движения). Расчет проводится по методикам, описанным в [3]. Реальное положение планет учитывается на основе данных системы NASA Horizons с привязкой ко времени.

В результате расчётов выбрана траектория с датой запуска 15 июня 2035 года. Отлёт с низкой околоземной орбиты (200 км) требует характеристической скорости 6797 м/с, из которых 791,1 м/с обеспечивается третьей ступенью ракеты-носителя «Ангара-А5В» (УРМ-3), а остальная часть — разгонным блоком КВТК. После гравитационного манёвра у Юпитера (2 октября 2037 года) аппарат направляется к Сатурну, прибывая к нему 25 апреля 2042 года. 13 мая 2042 года станция выполняет аэродинамическое торможение в атмосфере Сатурна, снижая скорость и переходя с гиперболической траектории на высокоэллиптическую орбиту. Далее корректируется наклонение орбиты для сближения с орбитой Титана. 30 июня 2042 года аппарат с гиперболической траектории выходит на эллиптическую полярную орбиту вокруг Титана, также используя аэродинамическое торможение для сброса скорости. В случае отклонения от расчётной траектории предусмотрены резервные варианты встречи с Титаном на 5-м и 6-м витках орбиты вокруг Сатурна.

После выхода на орбиту спутника автоматическая межпланетная станция (АМС) проводит радиолокационное сканирование заранее выбранных зон посадки. 10 августа 2042 года от станции отделяется спускаемый аппарат (СА) и совершает посадку в одном из метановых резервуаров, расположенных в северных широтах. Научная программа всей АМС целиком включает в себя:

1. Эксперименты СА в атмосфере и на поверхности;
2. Полное картографирование Титана с помощью радиолокатора и мультиспектральной камеры;
3. Анализ состава атмосферы и метеорологические исследования.

Суммарная характеристическая скорость коррекций траектории составляет 1210 м/с, а выход на орбиту Титана требует дополнительных 446 м/с.

АМС состоит из трех основных компонентов: орбитального аппарата (ОА), спускаемого аппарата, оборудованного раскрываемым тепловым щитом и сепарационного кольца (СК), соединяющего компоненты между собой (ОА устанавливается над СА). Диаметр теплового щита в раскрытом состоянии составляет 12 метров, его конструкция имеет нераскрываемую и раскрываемую части. Абляционный материал для раскрываемого сегмента – ВИАМ ВТИ-19, для нераскрываемого - стекловолоконный композит.

Для расчета массовой сводки использовались массовые коэффициенты, полученные при помощи анализа аналогов (АМС «Кассини-Гюйгенс», «Галилео», TandEM и др.) По результатам расчета получены следующие массы: ОА – 1470 кг, СА – 1260 кг, СК – 160 кг. Общая масса АМС — 2890 кг, что почти в два раза меньше, чем у аналога («Кассини-Гюйгенс»), при сопоставимой по сложности научной программе. Таким образом, снижение массы при сохранении аналогичного объёма исследований демонстрирует эффективность применённых технических решений.

Список литературы

1. Coustenis A., Atreya S. K., Balint T., Brown R. H., Dougherty M. K., Ferri F., Gautier D., Gowen R. A., Griffith C., Gurvits L. I., Jaumann R., Langevin Y., Leese M., Lunine J. I., McKay C. P., Moussas X., Müller-Wodarg I., Neubauer F., Young E. TandEM: Titan and Enceladus mission // Experimental Astronomy. 2009. V. 23. Pp. 893–946. DOI: 10.1007/s10686-008-9103-z.

2. Strange N., Spilker T., Landau D., Lam T., Lyons D., Guzman J. Mission Design for the Titan Saturn System Mission Concept // AAS. 2009. Paper № 09-356. 20 p.
3. Иванов А.А., Лысенко Б.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: МГТУ им. Баумана. 2019. 250 с.

УДК 629.785

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ РЕАКТИВНОГО ЛУННОГО МОДУЛЯ

Якин А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
Yakinandrey2003@gmail.com
Научный руководитель: Титков И.П., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»

Современные системы управления лунными модулями рассчитаны на аппараты массой свыше 500 кг, тогда как для маломассовых модулей (10-50 кг) требуется разработка новых или адаптация существующих решений. Основная проблема связана с отсутствием эффективных алгоритмов стабилизации, учитывающих специфику малых модулей.

Объектом управления в настоящей работе является реактивный лунный модуль (РЛМ) малых размеров: высота 0,5 м, диаметр 1 метр. Масса аппарата равна 70 кг. Двигательная установка состоит из маршевого двигателя и 16 двигателей ориентации.

В настоящей работе предлагается применение каскада из ПИД-регуляторов для стабилизации и управления движением РЛМ по аналогии с типовыми решениями, применяемыми для стабилизации квадрокоптеров: линейные квадратичные регуляторы [1], скользящий режим управления [2], ПД-регулятор с корректирующим фильтром [3].

Основной задачей РЛМ является выполнение полета по заданным точкам. Система управления РЛМ должна обеспечивать перемещение и стабилизацию положения РЛМ.

Движение РЛМ описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \overline{F_b} = \dot{m}(\dot{\overline{V_b}} + \overline{w_b} \times \overline{V_b} + DCM_{bf} \cdot \overline{w_e} \times \overline{V_b} + DCM_{bf} \cdot \left(\overline{w_e} \times \left(\overline{w_e} \times \dot{\overline{X_f}}\right)\right), \\ \dot{\overline{X_f}} = DCM_{fb} \cdot \overline{V_b}, \\ \overline{w_b} = \overline{w_{rel}} + DCM_{bf} \cdot \overline{w_e}, \\ \overline{M_b} = \mathrm{I} \cdot \dot{\overline{w_b}} + \overline{w_b} \times (\mathrm{I} \cdot \overline{w_b}), \\ \dot{q} = -\frac{1}{2}\begin{bmatrix} 0 & w_b(1) & w_b(2) & w_b(3) \\ -w_b(1) & 0 & -w_b(3) & w_b(2) \\ -w_b(2) & w_b(3) & 0 & -w_b(1) \\ -w_b(3) & -w_b(2) & w_b(1) & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}, \\ \dot{m} = \dot{m}_{\text{т}} + m_{\text{а}}; \\ \dot{m}_{\text{т}} = -Q_{\text{м}} \cdot U_{\text{м}}(t) - Q_o \cdot \sum_{i=1}^{16} U_i^o(t), \\ \overline{F_b} = \overline{m \cdot \mathrm{g}} + \sum_{i=1}^{16} \overline{F_i^o} + \overline{F_m}, \end{cases} , \qquad (1)$$

где: $\overline{F_b}$ — силы, приложенные к телу, в связанной системе координат (СК); m — масса аппарата; $\overline{V_b}$ — скорость тела относительно географической СК; $\overline{w_b}$ — угловая скорость тела в связанной СК; $\overline{w_e}$ — угловая скорость Земли; $\overline{X_f}$ — положение тела в географической СК; DCM_{bf} — матрица преобразования направляющих косинусов от связанной СК к географической; DCM_{fb} — матрица преобразования направляющих косинусов от географической СК к связанной; $\overline{w_{rel}}$ — собственная угловая скорость тела; $\overline{M_b}$ — моменты,

приложенные к телу; q_0, q_1, q_2, q_3 — компоненты кватерниона ориентации; $Q_{\text{м}}$ и $Q_{\text{о}}$ — расход топлива маршевого двигателя и двигателей ориентации соответственно; $U_{\text{м}}$(t) и U_i^o(t) — сигналы на включение маршевого двигателя и двигателей ориентации соответственно; F_m и F_i^o сила тяги маршевого двигателя и двигателей ориентации соответственно.

Допущения: не учитывается влияние расхода топлива на изменение моментов инерции и изменение центра масс РЛМ.

Система автоматического управления РЛМ представлена в виде двух подсистем: одна для регулирования высоты, а вторая для управления в горизонтальной плоскости. Обе системы получают на вход текущее значением и желаемое значение. На выход подсистемы выдают команды управления, которые подаются на двигательную установку.

Для регулирования высоты РЛМ используется ПИД-регулятор. Подсистема автоматического управления высотой получает на вход требуемую высоту и текущую. После невязка подается на регулятор.

Задача регулирования положения в горизонтальной плоскости РЛМ разделяется на 2 подзадачи: управление положением и стабилизация ориентации. Решением данной задачи будут команды включения двигателей для изменения ориентации аппарата. Изменение положения РЛМ в горизонтальной плоскости происходит за счет изменения ориентации аппарата по тангажу и рысканью. Система стабилизации удерживает заданную ориентацию. Канал крена не участвует в управлении положением, однако система управления поддерживает нулевое значение крена.

Система управления положением состоит из каскада ПИД и ПД регулятора. Невязка желаемого и текущего поступает в первый ПИД регулятор. Затем сигнал поступает на ограничитель угла (±45°) отклонения аппарата для того, чтобы аппарат не перевернулся.

Заданные значения ориентации сравнивается с текущими и после сумматора невязки по углам ориентации поступают во второй ПД регулятор.

Так же перед вторым регулятором добавлена зона нечувствительности. Она необходима для игнорирования небольших отклонений ориентации аппарата, вызванными импульсным режимом работы системы стабилизации ориентации, для уменьшения количества включений двигателей.

В настоящей работе разработана математическая модель движения реактивного лунного модуля у поверхности Луны. Решены задачи стабилизации ориентации, положения и высоты. Созданы два канала управления: **стабилизация высоты** – ПИД-регулятор, управляющий маршевым двигателем; **стабилизация положения** – каскад ПИД-регуляторов (внутренний контур – управления углами ориентации, внешний – отклонение от заданной точки). Разработанная система управления движениями обеспечивает возможность перемещения между заданными точками.

Список литературы

1. Santos O., Romero H., Salazar S, Lozano R. Real-time Stabilization of a Quadrotor UAV: Nonlinear Optimal and Suboptimal Control // Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2013. V. 70, I. 1-4. Pp. 79-91.
2. Li T., Zhang Y., Gordon B.W. Passive and active nonlinear fault tolerant control of a quadrotor unmanned aerial vehicle based on the sliding mode control technique // Journal of Systems and Control Engineering. 2013. V. 227. Pp. 12-23.
3. Gong X., Bai Y. Trajectory tracking control of a quad-rotor UAV based on command filtered backstepping // 2012 Third International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP) (China, Dalian, 15-17 July 2012). IEEE Publ., 2012. Pp. 179-184. DOI:10.1109/ICICIP.2012.6391413.

РАЗДЕЛ «БЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОМ МИРЕ»

УДК 343.148.6

ВЫЯВЛЕНИЕ СЛЕДОВ РЕДАКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИА-ФАЙЛОВ В ХОДЕ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Биксалиева Д.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
Biksalievadr@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Бондаренко П.В., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Современные технологии видеомонтажа позволяют пользователям создавать и редактировать видеоконтент с высокой степенью точности. Однако с развитием цифровых технологий возникает и необходимость выявления фактов редактирования видеоматериалов, особенно в контексте судебной экспертизы. Один из ключевых инструментов в этом процессе — анализ цифровых следов программных видеоредакторов.

С помощью программы «WinHex» можно проводить ручной поиск ASCII-строк, оставленных программными видеоредакторами. Например, наличие строчки «Lavf58.29.100» указывает на кодирование через «FFmpeg», что характерно для таких редакторов, как «OBS», «Shotcut» или «HandBrake». Присутствие сигнатур «XMPToolkit», «PRMD», «Adobe» свидетельствует об использовании «Adobe Premiere Pro», а «Blackmagic», «Final Cut, Apple» — об использовании «Final Cut Pro» или «DaVinci Resolve». При нахождении таких строк в районе блока «moov» можно делать вывод о вмешательстве в исходное видео.

Дополнительный инструмент анализа — «ExifToolGUI» — позволяет считывать метаданные мультимедиа-файлов в графическом интерфейсе. Анализируются поля «QuickTime», «XMP», «Composite», в том числе «Software», «Encoder», «Make», XMPToolkit, «Handler», что дает точное представление о происхождении видеофайла и возможном использовании программ для монтажа.

Специализированный программный модуль ЭСКИЗ-В обладает расширенным функционалом по извлечению, сравнению и интерпретации метаданных. Он анализирует технические поля медиаконтейнеров (включая «moov», «mdat», «ftyp»), технические теги («Software», «Encoder», «WritingLibrary», «Handler», «CompatibleBrands»), встроенные XML/XMP-блоки, а также производит автоматическое сопоставление найденной информации с внутренней базой профилей программных видеоредакторов.

Особое значение имеет проверка временных аномалий: различия между датами создания и модификации отдельных треков, несоответствие таймкодов между аудио- и видеодорожками, нарушения в структуре «GOP» (Group of Pictures). Эти параметры являются маркерами, указывающими на монтаж или вмешательство.

Функция логической реконструкции в «ЭСКИЗ-В» позволяет визуализировать структуру контейнера, выявлять вставки, перезаписи, удалённые фрагменты и другие артефакты, оставленные программными средствами. На основе сравнения структур видеопотоков и медиаконтейнеров эксперт может принять решение о достоверности видео и наличии в нём признаков редактирования.

Таким образом, анализ структуры мультимедиа файлов, поиск сигнатур и метаданных, а также использование специализированных программных решений позволяет эффективно выявлять факты вмешательства в видео. Это делает такие методы неотъемлемой частью современного инструментария судебной видеотехнической экспертизы [1, 2].

Список литературы
1. Руководство пользователя ExifTool. URL: https://exiftool.org (Дата обращения 05.05.2025).
2. Руководство пользователя WinHex. URL: https://www.x-ways.net/winhex (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 347.77.012.39

ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ В ОБУЧЕНИИ И СТИМУЛИРОВАНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бугаев А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
a.m.bugaev@yandex.ru
Научный руководитель: Григорьев Ю.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Россия заняла всего лишь 47 место в Глобальном инновационном индексе 2022 года, а в 2024 - уже 59 место. На вопрос, какие факторы препятствуют внедрению инноваций, российские промышленники указывают, что почти половину из них составляет финансовые проблемы, продиктованные дороговизной нововведений.

Одной из целей госпрограммы «Цифровая экономика», стартовавшей в 2017 году является увеличение числа изобретений, созданных отечественными заявителями. В рамках её реализации государство поддерживает инновационную и изобретательскую активности при помощи двух основных инструментов: финансирования и создания инновационной инфраструктуры [1]. Так, с целью налаживания взаимодействия, как с отдельными изобретателями, так и с научными и конструкторскими центрами было инициировано создание Центров компетенции НТИ, представляющих собой объединение научных центров и коммерческих компаний, призванных облегчить финансирование разработок и их внедрение в промышленность. На их развитие до 2024 года государством выделено 16 млрд. рублей.

Кроме того, инновационной деятельности способствует политика импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета. В соответствии с ними ещё в 2014 году был создан Фонд развития промышленности, выдающий предприятиям займы под низкие проценты для проведения импортозамещения и повышения уровня технологий.

Финансирования инновационных разработок в России осуществляется либо непосредственно государством, либо госкомпаниями. Его особенностью является то, что такое финансирование слишком точечное и обычно направлено на конкретные проекты, а не стимулирование деятельности научных центров в целом.

Хотя в результате реализации указанных мер, расходы компаний на инновации с 2010 по 2021 год по данным Росстата увеличились более чем в пять раз, число выданных патентов на изобретения по данным Роспатента снижается, также как и число сотрудников, задействованных в НИОКР [2].

Можно предположить, что вялая изобретательская деятельность обусловлена низкой мотивацией работников, способных изобретать. Активизация изобретательской деятельности в организациях осуществляется путем стимулирования как разработки и создания, так и внедрения объектов интеллектуальной собственности в производство. Опираясь на мировой опыт, можно утверждать, что подобная работа поддерживается в первую очередь государством, которое создаёт условия и совершенствует механизмы для активизации инновационной и изобретательской работы в организациях [3]. Совместно с этим в самих организациях формируются системы материального и морального поощрения работников, занятых в изобретательской деятельности.

В первую очередь данная задача решается при помощи совершенствования законодательства о служебных результатах интеллектуальной деятельности. Так, согласно ст. ГК РФ № 1370, 1371, 1372, 1373 и Постановлению Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1848 «Правила выплаты вознаграждения за служебные изобретения, служебные полезные модели, служебные промышленные образцы» в качестве поощрения автор имеет право на вознаграждение, как за создание, так и за последующее использование, созданного им служебного результата интеллектуальной деятельности. Однако установленные вышеперечисленными правилами нормы вознаграждений, и без того чрезвычайно низкие, не действуют, если между работником и работодателем заключён договор, в котором установлен иной размер выплаты, который он может быть ещё меньше установленного вышеуказанным Постановлением. Именно такой сценарий реализуют, по оценкам ЦС ВОИР, порядка 95% компаний в России. Росту творческой активности при таком подходе ожидать не приходится.

Другим важным условием интенсификации инновационной и изобретательской деятельностей является обучение изобретательской деятельности. На данный момент в России подобные программы обучения являются разрозненными и в основном представлены не вузовскими программами, а обучающими курсами в трёх основных направлениях:

- программы по вовлечению детей и молодежи в научно-техническое творчество и стимулирование их изобретательской деятельности;
- учебные курсы по изобретательству на основе ТРИЗ;
- обучение изобретательской деятельности на курсах повышения квалификации для специалистов организаций.

Отсюда следует, что работа в данной области ведётся не централизованно. Единый подход к формированию учебных программ по указанному направлению отсутствует. Можно констатировать, что в текущих условиях необходима. Для эффективного управления изобретательской и инновационной деятельностью необходимы разносторонние специалисты, обладающие юридическими, изобретательско-техническими и организационно-инновационными компетенциями одновременно. Подготовка таких специалистов требует системных усилий на государственном уровне.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года» // «КонсультантПлюс» . URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/?yscli d=lm61pnf71t350882223 (Дата обращения 12.04.2025)
2. ЕМИСС Государственная статистика. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58109?ysclid=m3kdktd9vi896030566 (Дата обращения 12.04.2025).
3. Мичурина О.Ю., Дубинина Н.А. Стимулирование изобретательской и рационализаторской деятельности в нефтегазовой отрасли. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2021. № 4. С. 72-79. URL: https://rucont.ru/efd/787866 (Дата обращения 12.04.2025).

УДК 347

ПРАВОВОЙ РЕЖИМ ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕНЕГ

Волкова П.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
vpo24yu074@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Виноградова Т.С., к.ю.н., доцент
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Федеральным законом от 27.06.2011 № 161-ФЗ «О национальной платежной системе» [1], впервые в России на законодательном уровне был урегулирован оборот электронных денег. Закон № 161-ФЗ даёт определение электронным денежным средствам, из которого можно выделить важные юридические особенности: электронные деньги – это денежные средства, а не имущественные права; используются с целью исполнения обязательств их владельца перед третьими лицами; учитываются без открытия банковского счета.

Пока совершаются расчёты электронными деньгами внутри определённой системы перевода электронных денег, безналичные денежные средства лиц, приобретших электронные деньги, остаются без движения на банковском счёте оператора, на котором аккумулируются предоставленные клиентами денежные средства. После завершения расчётов участник системы может вывести полученные электронные деньги из системы, в частности, путём перевода на свой банковский счёт, конвертируя тем самым электронные деньги в обычные безналичные деньги, или другими предусмотренными способами.

Контроль над электронными деньгами в России

В России эмитентами электронных денег могут быть только кредитные организации, такие как банки или небанковские кредитные организации, имеющие соответствующую лицензию. Эти организации должны соответствовать установленным требованиям и регулироваться Центральным Банком России. Центральный банк Российской Федерации контролирует объем денежной массы в стране, включая электронные деньги. Федеральная налоговая служба имеет доступ к информации о счетах физических лиц, включая электронные кошельки и может проверять движение средств по счетам в определенных случаях, предусмотренных законом.

Федеральный закон «О национальной платёжной системе» регулирует обращение только электронных денег, выраженных в государственной валюте.

Различие между электронными и безналичными деньгами

Правовые природы электронных денег и безналичных имеет множество сходств. И те, и другие учитываются на специальных счетах и расчёты ими совершаются в безналичной форме. Главное отличие в том, что электронные деньги учитываются без открытия банковского счёта, на виртуальном счёте в системе перевода электронных денег: в соответствии с п. 4 ст. 7 Закона № 161-ФЗ оператор электронных денежных средств учитывает денежные средства, предоставленные клиентом, путем формирования записи, отражающей размер обязательств оператора электронных денежных средств перед клиентом в сумме предоставленных им денежных средств. [2]

Виртуальный счёт, на котором учитываются электронные деньги, не относится к банковским счетам. Вследствие этого к обращению электронных денег не могут применяться правила Гражданского кодекса Российской Федерации о банковских счетах. Перевод электронных денежных средств представляет собой отдельную форму безналичных расчётов.

Электронные деньги как объект гражданских прав

Несмотря на то, что в ст. 128 ГК РФ такой объект гражданских прав как электронные денежные средства не перечислен, юридическая привязка, дающая основание считать электронные денежные средства объектом гражданских прав, сделана в Законе № 161-ФЗ, который назвал электронные денежные средства денежными средствами. Таким образом, платёж электронными денежными средствами признаётся законом окончательным, несмотря

на то что они производны от наличных и безналичных денег, которые необходимы как для их эмиссии, так и для погашения. В Налоговый кодекс Российской Федерации [3] внесены изменения, позволяющие налоговым органам взыскивать налоги, сборы и другие обязательные платежи за счёт электронных денежных средств лица (ст. 46, 48 НК РФ). Электронные деньги теперь могут приниматься в казну государства, что свидетельствует о том, что электронные деньги стали законным платёжным средством, а платежи ими – окончательными.

Список литературы

1. Федеральный закон от 27.06.2011 № 161-ФЗ «О национальной платежной системе». URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102148779 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Карпенко А.А. Сравнительно-правовой анализ безналичных денежных средств, электронных денежных средств и цифрового рубля // Legal Bulletin. 2024. № 4. Т. 9. С. 172-186. DOI:10.5281/zenodo.14638788.
3. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 Nº 146-ФЗ. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102054722 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 343.148.6.

РОЛЬ СУДЕБНОЙ КОМПЬЮТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИПТОВАЛЮТ

Ганин А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
A.A.Ganin@yandex.ru
Научный руководитель: Покаместов П.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Расследование преступлений с использованием криптовалют требует применения методов судебной компьютерно-технической экспертизы, ограниченной анализом цифровых артефактов без правовой квалификации транзакций. Цель работы — формализация перечня технически допустимых действий эксперта при фиксации и интерпретации цифровых следов криптовалют. Объектом судебной компьютерно-технической экспертизы являются цифровые следы, зафиксированные в памяти устройств, сетевых логах, данных браузеров и специализированных приложениях. В делах, связанных с криптовалютами, эксперт исследует наличие и структуру программных кошельков, признаки установки и использования соответствующего ПО, обращения к dApp-платформам и API-узлам, сетевую активность, связанную с Tor, VPN и иными средствами анонимизации. Признаками использования криптокошелька являются наличие расширений (например, MetaMask), данные в кэше и автозаполнении, обращения к RPC-узлам Ethereum, следы посещения обозревателей блокчейна [1].

К значимой информации относятся факты использования криптокошелька, следы ключей и seed-фраз, сохранённые в файловой системе, логах, истории браузера, а также данные, указывающие на взаимодействие с криптосервисами. Их фиксация и интерпретация с технической стороны позволяют следственным органам формировать доказательственную базу. Отдельное внимание уделяется привязке адресов к субъекту посредством сопутствующих цифровых следов. Псевдоанонимность криптовалют затрудняет установление владельцев адресов. В анонимных блокчейнах (Monero, Zcash) все данные скрыты, что ограничивает возможности анализа. В публичных сетях (Bitcoin, Ethereum) частичная реконструкция возможна, особенно при использовании централизованных сервисов, хранящих KYC-информацию. Применяются программные решения TokenScope, Crystal Blockchain и другие. Они позволяют анализировать кластеры адресов, извлекать цифровые

артефакты, строить графы транзакций и обнаруживать поведенческие шаблоны. Для работы с большими объёмами данных применяются платформы автоматизированного анализа (например, SHARD, GraphSense). В одном из дел эксперты проанализировали сотни криптовалютных адресов, связанных с транзакциями в сетях Bitcoin и USDT. Были определены даты, направления и объёмы переводов, визуализированы потоки активов, зафиксировано отсутствие ответов от бирж. Использовались платформы TokenScope и Crystal Blockchain. Распространённые нарушения: – формулирование вопросов, выходящих за рамки технической экспертизы – отсутствие ключевых цифровых артефактов в материалах дела; – предоставление скриншотов вместо носителей информации; – изъятие оборудования без соблюдения процессуальных норм (блокирование записи, хэширование); – анализ без комплексного охвата всей инфраструктуры (телефон, ПК, облачные сервисы).

Судебная компьютерно-техническая экспертиза в делах о криптовалютах обеспечивает фиксацию цифровых следов. Рекомендуется развивать методическую базу, применять автоматизированные инструменты, учитывать специфику публичных и анонимных блокчейнов, способствовать взаимодействию с международными платформами анализа.

Список литературы

1. Вехов В.Б. «Цифровая криминалистика»: учеб. пособие. М.: Юрайт, 2025 158 с.
2. Соловьёв В.Н., Шапошников А.А. Анализ цифровых следов в криминалистике. М.: Юстицинформ, 2023. 39 с.
3. Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» (ред. от 01.05.2023). URL: https://base.garant.ru/12123142/ (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 343.983

КОМПРОМЕТАЦИЯ МЕТАДАННЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ФОРМАТОВ ФАЙЛОВ

Горностаева П.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
polgor898@gmail.com
Научный руководитель: Бондаренко П.В., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Метаданные графических файлов представляют собой структурированную информацию, дополняющую основное содержимое изображения и включающую технические, описательные и правовые сведения. Наиболее распространёнными стандартами метаданных графических файлов являются EXIF, IPTC и XMP. EXIF содержит технические параметры съёмки, такие как дата и время создания, модель камеры, выдержка, ISO и другие, а также может включать уникальные поля, характерные для конкретных производителей устройств. IPTC применяется преимущественно для описательных и правовых данных: авторство, ключевые слова, лицензии, подписи. XMP — более современный и гибкий стандарт, позволяющий хранить как стандартные, так и пользовательские метаданные, в том числе историю редактирования, не затрагивая оригинальный файл [1].

В расследовании преступлений и судебной практике все чаще выявляются ситуации, когда метаданные становятся объектом манипуляций. Подделка метаданных используется для сокрытия реального происхождения изображения, создания ложного алиби, фальсификации доказательств, а также для плагиата. Одним из наиболее значимых параметров для расследований являются временные метки и атрибуты, связанные с датой и временем создания и изменения файла. Их изменение способно ввести в заблуждение следствие, исказить хронологию событий или легитимность цифровых доказательств.

Практическая часть исследования была посвящена анализу изменений в метаданных даты и времени различных графических файлов. В качестве отправной точки рассматривался резонансный случай с публикацией фотографии в блоге Алексея Навального [2], где возник спор о подлинности даты съёмки. Первичный анализ метаданных с помощью инструмента ExifTool показал, что были изменены размеры изображения, что привело к изменению значений атрибутов ImageWidth и ImageHeight, однако значения атрибутов ExifImageWidth и ExifImageHeight остались неизменными. При сравнении метаданных исследуемого изображения с эталонными были отмечены некоторые структурные сдвиги: перестановка, исчезновение или появление новых атрибутов, изменение их порядка в структуре файла.

Эксперименты с файлами, полученными на мобильном устройстве Samsung Galaxy S23, показали, что изменение даты и времени разными способами (через мобильное устройство, через окно свойств изображения ОС Windows, через интерфейсную версию программы ExifTool и командную строку ExifTool) всегда оставляет цифровые следы. Наиболее уязвимыми оказались атрибуты размеров изображения и временные метки: их значения и расположение менялись в зависимости от метода редактирования. Использование инструментов ОС Windows приводило к появлению дополнительных разделов XMP и полей Padding, что может служить маркером вмешательства. В некоторых случаях часть временных атрибутов оставалась неизменной, что позволяет выявлять подделку при сравнительном анализе.

Исследование также подтвердило, что любые изменения метаданных не проходят бесследно: даже при самом контролируемом редактировании атрибутов метаданных возникают структурные изменения, которые могут быть выявлены при сравнительном анализе. Для повышения достоверности цифровых доказательств рекомендуется использовать комплексный подход: анализировать не только значения ключевых атрибутов, но и их структуру, порядок, наличие новых или исчезнувших полей, а также сопоставлять их с типичными метаданными для конкретных устройств и программ.

Список литературы

1. Арутюнов А.С., Фаниев П.А. Классификация файлов и метаданных как объектов компьютерной экспертизы // Общество и право. 2022 № 4 (82). С. 79-82.
2. Немного о том, как можно манипулировать метаданными фотографии. URL: https://al-kuzin.livejournal.com/197505.html (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 343

ПОНЯТИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗА

Гришина В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
valya_grishina_00@mail.ru
Научный руководитель: Тарасов Д.А.,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В целях формирования целостного представления о правовой природе и сущностных характеристиках понятий «электронный документ» и «электронный образ документа», а также для обеспечения корректного понимания их правовой природы и особенностей, целесообразно первоначально обратиться к результатам научных исследований и публикаций ученых, исследовавших определение рассматриваемых указанных категорий.

В рамках криминалистического анализа электронных документов необходимо обратить особое внимание на их отличительные характеристики, которые, как отмечают ведущие специалисты в данной области, обладают следующими существенными признаками:

1. Сведения (сообщения, данные), представленные в электронной форме;
2. Материальный носитель, на котором данные сведения зафиксированы путем документирования;
3. Реквизиты, позволяющие определить эти сведения как документированную информацию или в установленных законодательством РФ случаях ее материальный носитель.
4. Также, в контексте данной работы важным является толкование понятия «электронный образ документа».

В соответствии с п. 3.1.9 национального стандарта РФ ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде». и п. 3.20 Национального стандарта РФ ГОСТ Р 57665-2017 «Документы в законодательных (представительных) органах субъектов Российской Федерации. Часть 1. Порядок работы" электронный образ документа — это электронная копия документа, полученная в результате сканирования оригинала (подлинника) документа.

Приведенное определение позволяет выявить особенности электронного образа документа. Так, электронный образ документа, всегда имеет бумажный оригинал, создается посредством сканирования или фотографирования бумажного документа, является растровым изображением (в отличие от изначально электронных документов, которые могут быть векторными), сохраняет внешний вид бумажного документа в неизменном виде, не предполагает редактирования содержания после создания, требует специального порядка заверения электронной подписью.

В отличие от электронных документов, которые могут создаваться и редактироваться непосредственно в электронной форме, электронные образы документов — это всегда копия бумажного документа, сохраняющая его внешний вид, но не позволяющая вносить изменения в содержание после создания электронного образа. В свою очередь, электронный образ документа всегда имеет бумажный оригинал, создается посредством сканирования или фотографирования бумажного документа, является растровым изображением, не предполагает возможности редактирования содержания после создания и требует специального порядка заверения электронной подписью.

В рамках судебно-компьютерно-технической экспертизы электронные документы рассматриваются как файловые объекты, что обусловливает необходимость детального анализа их метаданных.

Метаданные документов — это структурированная информация, которая позволяет создавать, управлять и использовать документы в разное время и в различных областях деятельности. При этом, необходимо различать понятия метаданных и реквизитов документа, поскольку последние являются лишь элементами его оформления. В системе реквизитов присутствуют такие элементы, которые не имеют соответствия в структуре метаданных. Каждый электронный документ обладает некоторым набором метаданных. Несмотря на широкий спектр предоставляемых данных, в файловых объектах, как правило, происходит заполнение лишь части полей метаинформации, описанной выше. Наиболее часто заполняемыми графами являются:

1. Средства создания данных (как правило, наименование ПО);
2. Дата и время создания и изменения;
3. Создатель или автор файла;
4. Расположение в компьютерной сети, где были созданы данные;

Помимо этого, существуют метаданные, присущие исключительно конкретному файловому расширению или целой категории расширений. Так, файлы текстовых документов (например, .txt, .doc) будут содержать метаинформацию о длине документа, количестве строк, количестве знаков, типе содержимого файла, используемом шаблоне и т.д.

В рамках данной работы был проведено детальное исследование электронного документа с целью получения ответа на вопросы:

1. «Какие графические элементы содержат файл DOCX?»

2. «Были ли внесены изменения пользователем, не являющимся создателем файла?»
3. «Производилось ли редактирование электронного документа?»
4. «Наносилась ли ЭЦП на документ пользователем, создавшим документ или иным пользователем?»

В результате были установлены следующие метаданные: общее время редактирования – 4 минуты, количество страниц – 1, количество слов – 142, количество символов – 813, использованное приложение – Microsoft Word, условное имя создателя файла - nikiistomicrosoft2024@gmail.com, количество редакций файла – 2, дата и время создания файла –26.11.2012 21:35, дата и время последнего изменения –26.11.2012 21:38.

Таким образом, электронный документ был создан и редактирован одним и тем же пользователем– nikiistomicrosoft2024@gmail.com. 26. 11.2012.

По результатам исследования каталога «word\media», находящего внутри файла, была получена информация о следующих вставленных в документ графических объектах – «image1.png», «image2.png» (содержащих изображение ЭЦП), свидетельствующих о том, что исследуемый электронный документ был скомпилирован, так как наличие на документе изображения электронной подписи, нанесенной на документ в формате png, противоречит механизму формирования электронного документа подписанного электронной подписью.

Таким образом, были изучены существующие толкования понятий «электронные документы» и «электронные образы документов» и выделены отличительные особенности каждой категории, рассмотрены различные основания классификации электронных документов, включая как те, что закреплены в государственном стандарте, так классификации, предложенные учеными в данной области, дано определение «метаданные документов», а в результате проведенного комплексного анализа электронного документа с целью выявления метаданных была установлено, что документ был создан посредством компиляции различных информационных фрагментов.

Список литературы

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // СПС «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (Дата обращения 05.05.2025)
2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде» // СПС «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=29202#9kPReoUcFpwdiZ4P1. (Дата обращения 05.05.2025)
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу» // СПС «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329486/ (Дата обращения 05.05.2025)

УДК 343

СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ДОКАЗЫВАНИЯ НЕЗАКОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ АЗАРТНЫХ ИГР В СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

Евсеенков В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
evseenkovvd@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Милаева М.Ю., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Исторически сложилось так, что азартные игры имеют тесную связь с криминальным миром, для которого казино представляется как плацдарм, используемый для прикрытия

незаконной деятельности. Такая особенность вызвана тем, что большие суммы денег, циркулирующие в казино, создают удобные условия для отмывания денежных средств. Очевидно, что география организации и проведения азартных игр распространяется далеко за пределы установленных российским законодательством «игорных зон». Поэтому, актуальность работы обусловлена неконтролируемом распространением казино-игр, обеспечиваемых с помощью сети «Интернет». «Онлайн-казино» предлагают широкий спектр игр, доступные круглосуточно и из любой точки мира. Это привело к росту популярности виртуальных платформ, несмотря на законодательные ограничения.

Обращая внимание на правовое регулирование проведения и организации азартных игр на территории РФ стоит отметить, что у законодателя отсутствует явная стратегия в этом вопросе. Когда в ФЗ от 29.12.2006 N 244 только вносили поправки об ограничении организации и проведения азартных игр в сети «Интернет», в Уголовном Кодексе Российской Федерации (далее УК РФ) уже на тот момент существовала диспозиция, в которой описывается такое противоправное деяние [1]. Но применение самой нормы в рамках уголовного судопроизводства сложно называть эффективным способом борьбы с нелегальными азартными играми в сети «Интернет». Такая проблема обусловлена формулировкой ст. 171.2 УК РФ, в которой квалифицирующий признак «использование информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе сети «Интернет» находится наравне с другими [2]. При таком содержании диспозиции для организаторов «онлайн-казино» создаются относительно привлекательные условия, поскольку в отношении таких субъектов применяются санкционные меры, аналогичные для организаторов нелегальных азартных игр в реальном мире. Для оптимизации и усовершенствования ст. 171.2 УК РФ необходимо пересмотреть перечень обстоятельств, отягчающих наказание согласно ст. 63 УК РФ. В частности, в силу роста преступлений, совершаемых с применением компьютерных технологий, необходимо признать квалифицирующий признак «использование информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе сети «Интернет» как обстоятельство, отягчающее наказание.

Из-за особенности разнородности квалифицирующих признаков преступления, предусмотренных в ст. 171.2 УК РФ необходимо отметить, что экспертиза, целью которой будет являться установление факта незаконной организации и проведения азартных игр в сети Интернет, должна быть комплексной. Одной из таких экспертиз должна быть компьютерно-технической, поскольку при таких обстоятельствах важно проводить анализ интернет-ресурсов, обеспечивающих проведение азартных игр. Важно также фиксировать сайты-зеркала и установление веб-серверов, предоставляющих доступ к «онлайн-казино» [3]. Анализ судебной практики показывает невозможность точно определить денежный оборот нелегальных казино, так как часть финансовых средств, присутствующих в обороте, имеет криминальное происхождение. Но это не отменяет важности проведения финансово-экономических экспертиз, так как при доказывании совершения изучаемого противоправного деяния экспертам важно установить роль деятельности отдельных субъектов, которые проводили транзакции денежных средств между игроками и организаторами незаконных азартных игр.

В заключении необходимо отметить, самым простым решением проблем, поднимаемых в работе, будет усовершенствование уголовного законодательства и ликвидация правовых пробелов. Но реально положительный эффект окажет ясная стратегия уголовной политики государства в отношение «онлайн-казино», т. к. в таком случае законодатель может полностью пересмотреть их правовой статус. Такая перспектива даст возможность либо полностью переосмыслить существование «онлайн-казино», с последующей легализацией и извлечением части немалого дохода в пользу государства, либо усовершенствование криминологических и правоохранительных функций для пресечения проведения и организации азартных игр в сети «Интернет».

Список литературы
1. Федеральный закон от 29.12.2006 N 244-ФЗ «О государственном регулировании деятельности по организации и проведению азартных игр и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации». URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102111150 (Дата обращения 13.04.2025)
2. Уголовный кодекс Российской Федерации. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody&nd=102041891 (Дата обращения 13.04.2024)
3. Лужнов В.С., Валяев Е.А. Программно-аппаратные средства незаконной организации и проведения азартных игр с использованием информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в Российской Федерации // Наука, техника и образование. 2022. № 4 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/programmno-apparatnye-sredstva-nezakonnoy-organizatsii-i-provedeniya-azartnyh-igr-s-ispolzovaniem-informatsionno (Дата обращения 16.04.2025).

УДК 343.148.6

APK-ФАЙЛЫ: УГРОЗА ДЛЯ ВАШИХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Карташов В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
kvd20yu059@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Манучарян А.К., преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

APK-файлы являются основным способом установки приложений, также они могут представлять опасность, а именно: Вредоносное ПО, нежелательные приложения, поддельные приложения, уязвимости. Современные мобильные приложения для операционной системы Android распространяются преимущественно в формате APK (Android Package). Несмотря на удобство и открытость платформы, APK-файлы могут представлять угрозу для безопасности персональных данных пользователей. В связи с этим актуальным становится исследование внутренней структуры APK и потенциальных рисков, связанных использованием. [1].

Использование APK-файлов сопряжено с рисками:

1. Проблемы с безопасностью: APK-файлы, загруженные из ненадежных неизвестных источников, могут содержать вредоносное ПО или вирусы, которые могут поставить под угрозу безопасность вашего устройства.

2. Сбои в работе приложений: Если вы устанавливаете приложения из неофициальных источников, нет гарантии, что они будут работать должным Ключевые слова и с их или могут

Android Package Kit – формат для установки приложений. Риски, связанные с использованием

APK-файлов 1 образом.

3. Нарушение условий предоставления услуг: установка APK-файлов из источников, отличных от официальных магазинов приложений, может нарушать условия предоставления услуг для определенных приложений или операционной системы Android, что может привести к ограничению возможностей или даже к постоянной блокировке. [1].

Был проанализирован APK-файл, в нем было выявлено следующее:

«Kotlin+Java»-папка хранит файлы кода на языке Kotlin, которые сортированы по отдельным пакетам.

Папка «Assets»-используется для хранения необработанных файлов: изображения, шрифты, звуки «OkHttp»-библиотека и http- клиент с открытым исходным кодом Java и Kotlin.

Папка «res» (ресурсы) в приложении для Android содержит все источники, не связанные с кодом, такие как изображения, XML-пакеты и строки пользовательского интерфейса «AndroidManifest.xml»-центральный элемент каждого Android-приложения, который

определяет его структуру, функции и взаимодействия с системой, описывает компонентны приложения.

«Classes.dex»-файл, который содержит код, запускаемый, на Android-устройстве. APK-файлы, являясь основным форматом распространения Android-приложений, требуют тщательного анализа на предмет безопасности. Разработчикам рекомендуется уделять особое внимание конфигурации компонентов, использованию сторонних библиотек и защите персональных данных пользователей на всех этапах жизненного цикла приложения [2,3].

Список литературы

1. Пискунова Е. В. Компьютерные технологии в судебно-экспертной деятельности : курс лекций / под. ред. Т. Ф. Моисеевой. Москва : РГУП, 2016. 152 с. URL: https://znanium.ru/catalog/product/1192156 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Колисниченко Д.Н. Программирование для Android: самоучитель. / 3-е изд. Серия: Самоучитель. М.:БХВ, 2021 285 с.
3. Ретабоуил С. Android NDK. Руководство для начинающих. / 2-е изд., Пер. с англ. Киселева А. Н. М.: ДМК Пресс, 2016. 518 с.

УДК 347.77

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

Конина С.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
koninass@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Видякина О.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Современное образование стремительно трансформируется под влиянием генеративного искусственного интеллекта. Такие инструменты, как ChatGPT и MidJourney, уже используются для создания учебных материалов и подготовки заданий преподавателями и студентами. Однако массовое внедрение подобных технологий порождает серьёзные правовые вызовы.

Актуальность темы обусловлена не только технологическим прогрессом, но и отсутствием четких правовых рамок. Кто владеет авторскими правами на контент, созданный нейросетью? Как гарантировать академическую честность, если студенты сдают работы, сгенерированные ИИ? И как защитить интеллектуальную собственность вузов, использующих подобные системы?

Основные проблемы охватывают три ключевых аспекта:

1. Авторство — законодательство РФ (ст. 1257 ГК РФ) признаёт автором только человека, что ставит под вопрос правовой статус ИИ-контента.
2. Академическая честность — уникальные тексты от ИИ усложняют борьбу с плагиатом.
3. Защита ИС — использование ИИ для создания учебных материалов требует пересмотра подходов к управлению правами.

Генеративный ИИ, такой как ChatGPT или MidJourney, активно внедряется в образовательный процесс. Преподаватели используют ИИ для автоматизации создания лекций, тестов и визуальных пособий. Учащиеся генерируют эссе, рефераты, курсовые, дипломы, экономя время, но ставя под сомнение оригинальность работ.

Законодательство РФ Ст. 1257 ГК РФ однозначно определяет автора как физическое лицо, чьим творческим трудом создан объект. ИИ не обладает правосубъектностью, а значит, не может быть признан автором.

Нет норм, регулирующих статус контента, созданного при участии ИИ. Если ИИ используется как инструмент (например, по заданию человека), авторство может быть присвоено пользователю, но только при условии его творческого вклада.

Учебные материалы, сгенерированные ИИ, могут быть оспорены как «неохраняемые объекты». Если вуз использует ИИ для создания курсов, права на такие материалы могут принадлежать разработчику ИИ (по лицензионному соглашению) или остаться в правовом «подвесе».

Вузы должны учитывать условия лицензий ИИ-платформ. Например, ChatGPT (OpenAI) сохраняет права на генерируемый контент, разрешая его использование только на неэксклюзивной основе.

Текущее законодательство РФ не успевает за технологиями, создавая риски для всех участников образовательного процесса. Требуется внесение изменений в ГК РФ: Введение категории «произведений, созданных с использованием ИИ» с указанием прав пользователя/разработчика. Четкие критерии творческого вклада человека для признания авторства.

В России федеральное законодательство пока не регулирует использование ИИ в образовании. Федеральный закон «Об образовании» не содержит прямых упоминаний об искусственном интеллекте, что создаёт правовую неопределённость. Вузы вынуждены самостоятельно решать эту проблему через локальные акты (положения к курсовым – МГУ, ВШЭ и т.д.). Однако отсутствие единых федеральных стандартов приводит к противоречиям.

Ключевой вызов связан с адаптацией систем проверки на плагиат. Такие платформы, как «Антиплагиат.ВУЗ», изначально создавались для поиска заимствований из открытых источников, а не для распознавания машинно-сгенерированных текстов. В 2024 году в «Антиплагиат» был добавлен модуль AI Detect, но его точность остаётся низкой — около 70%, что приводит к ложным обвинениям в использовании ИИ, особенно в креативных работах. Параллельно разработчики ИИ постоянно совершенствуют свои модели, делая генерируемые тексты всё более «человекообразными». Это провоцирует технологическую гонку, где образовательные институты оказываются в роли догоняющих.

Таким образом, ситуация требует не только технологических решений, но и правовых новаций. Необходимо внести изменения в ФЗ «Об образовании», закрепив чёткие критерии использования ИИ, а также разработать государственные стандарты для определения машинного контента. Без этого академическая честность рискует превратиться в формальность, а доверие к образовательным результатам будет подорвано.

Выводы и рекомендации:

1. Для России ключевой шаг — **внести изменения в Гражданский кодекс**, закрепив статус произведений, созданных с участием искусственного интеллекта.
2. Параллельно вузам следует разработать **внутренние стандарты**: обязательную маркировку ИИ-контента, обновление антиплагиат-систем с акцентом на определение машинных текстов и обучение преподавателей принципам работы с алгоритмами.
3. Для защиты интеллектуальной собственности учебных заведений критически важно **пересмотреть лицензионные соглашения** с разработчиками искусственного интеллекта, исключив неясности в правах на генерируемые материалы [1-3].

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ (ред. от 24.02.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/ (Дата обращения 01.04.2024).
2. U.S. Copyright Office. Compendium of U.S. Copyright Office Practices. Third Edition. Chapter 300: Registration Policies. § 306 («Works Containing Material Generated by Artificial Intelligence»). URL: https://www.copyright.gov/comp3/chap300/ch300-copyrightable-authorship.pdf (Дата обращения 01.04.2024).

3. U.S. Copyright Office. Decision on Registration of «Zarya of the Dawn» (Case № 1-22-2023). URL: https://www.copyright.gov/docs/zarya-of-the-dawn.pdf (Дата обращения 01.04.2024).

УДК 347.77

ПРОБЛЕМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРАВ НА ПРИМЕРЕ ПАРКОВ

Костина М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
kostinama@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Григорьев Ю.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В условиях растущего значения нематериальных активов в мировой экономике успешная коммерциализация сложных объектов интеллектуальной собственности (ИС) способствует развитию бизнеса, формированию инновационной среды и укреплению конкурентных позиций компаний и государств.

Коммерциализация ИС — это процесс превращения объектов ИС в источник дохода или конкурентное преимущество. Она включает продажу, лицензирование и франчайзинг, а её цель — окупить инвестиции в разработки и инновации. Особого подхода требует коммерциализация сложных объектов, например, тематических парков, включающих объекты авторского и патентного права, относящихся к архитектуре, садово-парковому и изобразительному искусству, технологии аттракционов, мультимедиа, и различные средства индивидуализации – фирменные наименования (ФН), товарные знаки (ТЗ) и знаки обслуживания (ЗО). После успеха созданного парка встаёт вопрос монетизации прав на него как на сложный объект и на отдельные компоненты в его составе.

Проблемы коммерциализации тематических парков, как сложных объектов:

1. Специфика управления сложным объектом, включающим объекты как авторского, так и патентного права. Дискуссии научного сообщества направлены на исследование опыта защиты и распоряжения правами на сложные объекты, состоящие только из объектов авторских и смежных прав (например, аудиовизуальные произведения). Управление правами на сложный объект, включающий объекты авторского и патентного права, средства индивидуализации, требует глубокого знания тонкостей управления ИС во всех трёх областях и особенностей различных институтов гражданского права.

2. Урегулирование отношений между правообладателями. Увеличение субъектного состава правообладателей усложняет характер и порядок взаимодействия между авторами и создателями как при использовании сложного объекта и его составных частей, так и в ходе распоряжения правами на них [1]. Важно учитывать и особенности отдельных объектов, таких как объекты архитектурного и садово-паркого проекта парка, авторы которых, согласно ст. 1294 ГК РФ, могут иметь особые права: право на осуществление авторского контроля, право на участие в реализации своего проекта [2]. Также при построении сети тематических парков, важно учитывать, что исключительные права могут быть предоставлены только те, которые принадлежат правообладателю. Поэтому, если создатель сложного объекта (парка) использует по лицензии объекты, принадлежащие другим правообладателям, то необходимо заранее предусматривать в лицензионных договорах возможность предоставления сублицензий.

3. Отсутствие четкого инструментария оценки сложных объектов. Проблемой рынка ИС является сложность оценки стоимости объектов интеллектуальных прав. Оценка сложных объектов, ещё более затруднена особенностью их создания, а также большим количеством субъектов, участвующих в этом процессе. В научной литературе рассматриваются различные методики оценки, все они приблизительны и могут меняться в зависимости от особенностей отдельного проекта. Более или менее объективная оценка

стоимости прав на тематический парк может быть сделана только после его открытия и получения объективных данных о его доходности.

4. Проблемы поддержания репутации при коммерческой концессии. Согласно ст. 1027 ГК РФ договор коммерческой концессии предполагает предоставление правообладателем пользователю комплекса принадлежащих правообладателю исключительных прав, а также использование деловой репутации и коммерческого опыта правообладателя в предпринимательской деятельности пользователя. Для проекта тематического парка оказание услуг образовательного, просветительского и развлекательного характера являются ключевыми [3]. Качество их предоставления и сама тематика определяют популярность парка и его привлекательность как объекта концессии. При этом название, тема, сувенирная продукция, оформление и аттракционы тесно связаны с его средствами индивидуализации (ФН и ЗО). Даже при разнообразии объектов внутри парка именно они играют ключевую роль в его продвижении, привлечении пользователей концессии и поддержании репутации, в связи с чем требуют первоочередной защиты.

Коммерциализация сложных объектов интеллектуальных прав, таких как тематические парки, требует знания специфики различных объектов ИС. Учёт правовых, экономических и управленческих тонкостей этих объектов требует широкого кругозора, способностей к стратегическому управлению интеллектуальными правами и умения поддерживать баланс интересов всех участников. Задачи дальнейших исследований состоят в разработке унифицированных правовых механизмов защиты сложных объектов определении конкретных условий лицензионных договоров на сложные объекты и выработке подходов к оценке их стоимости.

Список литературы

1. Амбарян А.Г. Сложные объекты авторских прав // ИС. Авторское право и смежные права. 2017. № 4. С. 07-14. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28906804 (Дата обращения 17.12.2024).
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ (ред. от 24.02.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/ (Дата обращения 01.04.2024).
3. Нассер Абулел. Конспект лекции «Тематические парки: от Микки Мауса к Ферарри» // Московский институт социально-культурных программ. URL: http://miscp.ru/assets/docs/theme-parks.pdf (Дата обращения 17.12.2024).

УДК 343.148.6

СЛЕДЫ ПРОГРАММ ОБМЕНА МГНОВЕННЫМИ СООБЩЕНИЯМИ КАК ОБЪЕКТ КОМПЬЮТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Маркова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
markovaaa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Бондаренко П.В., к.ю.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В работе рассматривается значение программ обмена мгновенными сообщениями (мессенджеров) в современном цифровом обществе и их роль как объектов компьютерно-технической экспертизы. Мессенджеры, такие как Telegram и WhatsApp (компания «Meta» признана экстремистской на территории Российской Федерации), стали неотъемлемой частью коммуникаций благодаря удобству, скорости и кроссплатформенности. Однако эти же качества делают их привлекательными инструментами для совершения киберпреступлений и иных противоправных действий.

Российское законодательство обеспечивает тайну переписки и устанавливает строгие процедуры для доступа правоохранительных органов к пользовательской информации. Несмотря на это, при изъятии устройств эксперты могут анализировать остаточные следы работы мессенджеров, что становится важным источником доказательств в судебных разбирательствах.

1. Исследование Telegram Desktop:

Telegram - облачный сервис, который хранит данные как на серверах, так и локально (при использовании настольной версии). Программа использует многоуровневое шифрование (MTProto 2.0), что значительно усложняет доступ к содержимому сообщений. Однако на компьютере пользователя сохраняются различные артефакты:

1) В папке «Downloads» хранятся все скачанные через Telegram файлы. Их просмотр возможен напрямую, если пользователь не изменил путь сохранения.

2) В каталоге «Roaming» («C:\Users\User\AppData\Roaming\Telegram Desktop») содержатся системные файлы: настройки, кэшированные медиафайлы, исполняемые файлы, а также логи. Особое значение имеет файл "log.txt", в котором фиксируются данные о последних сессиях, времени запуска, настройках, подключённых устройствах, ошибках и событиях. При каждом запуске создаётся новый лог, что позволяет восстановить хронологию использования приложения.

3) В логах можно обнаружить информацию о подключённых аудио- и видеоустройствах, что важно при анализе использования IP-телефонии.

Кэшированные медиафайлы сохраняются в зашифрованном виде, их расшифровка затруднена из-за уникального формата хранения.

2. Исследование WhatsApp Desktop

WhatsApp Desktop, в отличие от Telegram, хранит все пользовательские данные локально на устройстве. Программа использует протокол Signal для сквозного шифрования: для каждого чата генерируются уникальные ключи, которые хранятся только на устройствах участников и не передаются по сети. Это обеспечивает высокий уровень конфиденциальности.

1) Следы работы WhatsApp Desktop находятся в каталоге «C:\Users\User\AppData\Local\Packages\5319275A.WhatsAppDesktop_cv1g1gvanyjgm».

2) В папке «LocalState» содержатся локальные настройки приложения, кэшированные данные (временные файлы, которые были просмотрены, но не скачаны), а также локальные идентификаторы, необходимые для работы приложения.

3) В отличие от Telegram, WhatsApp не сохраняет логи с подробной историей сессий, однако анализ структуры папок и файлов позволяет выявить факты использования приложения, наличие кэшированных медиафайлов и параметры конфигурации.

Несмотря на современные методы шифрования и защиты данных, анализ следов программ обмена мгновенными сообщениями Telegram и WhatsApp на устройствах пользователя остаётся возможным и востребованным в рамках компьютерно-технической экспертизы. Эксперт может получить информацию о времени и факте использования приложений, подключённых устройствах, скачанных и просмотренных файлах, а также выявить следы ошибок и особенностей конфигурации. Это позволяет использовать данные мессенджеров как доказательства в судебных и следственных действиях.

Список литературы

1. Бородин А.И., Вейнберг Р.Р., Писарев Д.В., Литвишко О.В. Исследование остаточных артефактов Viber и Telegram в операционной системе Windows // Бизнес-информатика. 2019. № 4. С. 39-48. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ostatochnyh-artefaktov-viber-i-telegram-v-operatsionnoy-sisteme-windows (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 341.2

СООТНОШЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО И МЕЖДУНАРОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ВОПРОСАХ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: РОЛЬ ИНТЕРПОЛА В РАССЛЕДОВАНИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ МЕЖДУНАРОДНОГО ХАРАКТЕРА

Молчанова Н.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
mno23yu050@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Лапшина И.Е., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

С развитием цифровых технологий и увеличением объемов передаваемой информации через глобальные сети количество кибератак неуклонно растет. Киберпреступники становятся всё более организованными и используют сложные методы для достижения своих целей. В связи с этими проблемами возникает необходимость международной координации борьбы с киберугрозами и согласованных действий на международном уровне [1]. Примером успешной международной инициативы стоит отметить работу Интерпола, которая играет ключевую роль в координации борьбы с транснациональной преступностью, включая киберпреступления. Интерпол объединяет усилия правительств и гражданского общества для разработки стратегий противодействия киберпреступлениям [2].

Конвенция Совета Европы о киберпреступности 2001г. и Федеральный закон РФ о конфиденциальной информации и защите персональных данных тесно связаны друг с другом. Первый документ устанавливает международные стандарты, второй — конкретизирует их применение в российском законодательстве. Оба инструмента направлены на защиту прав граждан и обеспечение безопасности в информационном пространстве.

Согласно Положению о Национальном Центральном Бюро Интерпола МВД РФ, Интерпол является самостоятельным структурным подразделением центрального аппарата МВД РФ, обеспечивающим и осуществляющим в пределах своей компетенции функции по сотрудничеству правоохранительных и иных государственных органов РФ с правоохранительными органами иностранных государств - членов Международной организации уголовной полиции - Интерпола, Генеральным секретариатом и иными органами Интерпола, а также с Европейской полицейской организацией.

Интерпол и правоохранительные органы образуют многослойную систему, направленную на борьбу с киберпреступностью. Помимо правоохранительных органов, с Интерполом также взаимодействует Совет Безопасности РФ, который играет ведущую роль в определении приоритетов национальной безопасности, включая кибербезопасность. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ занимается разработкой и реализацией государственной политики в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), включая вопросы кибербезопасности. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю РФ отвечает за защиту информации и контроль за соблюдением требований информационной безопасности. Она разрабатывает и внедряет стандарты и регламенты, которые обеспечивают защиту государственных информационных систем. Национальный координационный центр по компьютерным инцидентам является подразделением ФСБ России и занимается мониторингом и реагированием на компьютерные инциденты. Интерпол создал и поддерживает несколько специализированных инструментов и баз данных, которые облегчают расследование киберпреступлений. Доступ к этим базам данным имеет ограниченный круг правоохранительных органов по всему миру. К ним можно отнести:

I-24/7: Глобальная коммуникационная платформа, позволяющая правоохранительным органам обмениваться информацией в режиме реального времени.

Interpol’s Cyber Fusion Centre: Центр, созданный для координации действий по борьбе с киберпреступностью. Он собирает и анализирует данные о кибератаках, а также разрабатывает стратегии для их предотвращения и нейтрализации.

INTERPOL Global Complex for Innovation (IGCI**)**: Центр инноваций Интерпола, специализируется на исследовании новых технологий и разработке стратегий для борьбы с современными формами киберпреступности.

Улучшение международного правового регулирования киберпространства – задача стратегического значения, от которой зависит стабильность международного порядка, обеспечение цифровой безопасности государств и личных прав граждан [3]. Создание единого международно-правового режима, основанного на принципах сотрудничества, ответственности и уважения к права человека, является необходимым условием для мирного и безопасного развития цифрового мира.

Список литературы

1. Ахмедов Р.М. , Ахмедов Д.Р. , Кубиевич С.В. Киберпреступление как фактор угрозы национальной безопасности Российской Федерации: теоретико-правовое исследование / Р. М. Ахмедов, Д. Р. Ахмедов, С. В. Кубиевич и др.; под ред. Р. М. Ахмедова. Москва: Юнити-Дана, 2023. 160 с.
2. Лапшина И.Е., Зеленкова Л.К., Огородникова Л.Е. Международная организация уголовной полиции (Интерпол): вопросы правосубъектности, правового регулирования и деятельности в киберпространстве // Юридическая наука. 2023. № 6. С. 192-198.
3. Далгалы Т.А., Гостькова Д.Ж. Преступления против общественной безопасности. Криминологический, международный и сравнительно-правовой аспекты : учебник для вузов. Москва: Юрайт, 2025. 166 с.

УДК 347.2.3

К ВОПРОСУ О БРЕМЕНИ СОБСТВЕННИКА В ЦИФРОВЫХ РЕАЛИЯХ

Онищенко Г.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
onischenkogd@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Богданова С.Г., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В эпоху цифровой трансформации гражданского оборота, институт бремени собственности требует принципиально нового осмысления. Как справедливо отмечает профессор Е.А. Суханов: «Собственность без бремени – это юридическая фикция, но в цифровой среде эта формула обретает новые грани» [1].

Актуальность темы обусловлена тремя ключевыми факторами:

1. Технологический вызов:

По данным Банка России, объем цифровых активов в РФ за 2023 год вырос на 214%, однако, как предупреждает М.В. Кратенко, «правовая неопределенность в вопросах содержания таких активов создает риски для всей экономики».

2. Доктринальный раскол:

В науке сложились два подхода:

Традиционный (В.А. Белов): «Цифровые обязательства – это лишь модификация классического бремени» [2];

Инновационный (А.Я. Рыженков): «Криптографические риски требуют принципиально новых правовых механизмов» [3].

3. Законодательный вакуум:

Федеральный закон №259-ФЗ «О цифровых финансовых активах» регулирует лишь отдельные аспекты, оставляя за рамками технические обременения. Предлагаемые изменения:

1. Законодательные:
   - В ГК РФ закрепить термин «Цифровое бремя» с указанием следующих обязанностей:
     - хранение ключей;
     - Техподдержка активов.
2. Институциональные:
   - Необходимо установить Федеральный реестр цифровых активов;
   - Необходимо ввести институт «Цифровых депозитарий».

Таким образом, классическая концепция бремени собственности, основанная на триаде финансовых затрат, рисков и ответственности, сегодня требует переосмысления. Как верно отмечает профессор Рыженков, цифровая эпоха превращает бремя из «теневого спутника» собственности в самостоятельный механизм регулирования новых форм имущественных отношений [3]. Этот переход от атрибутивной модели к функциональной демонстрирует то, что традиционные нормы ГК РФ уже недостаточны для цифровых активов, это подтверждает необходимость специального регулирования. В частности, речь идет: о закреплении обязанности по хранению криптографических ключей; обязанностях по обновлению ПО; обязанности по содержании виртуальных объектов в метавселенных.

Список литературы

1. Рыженков А.Я. Киберправо: вызовы цифровой эпохи: монография. Санкт-Петербург: Юридический центр Пресс, 2023. 178 с.
2. Суханов Е.А. Современные проблемы права собственности: сборник статей / под ред. А.В. Коновалова. Москва: Статут, 2022. - 384 с.
3. Белов В.А. Гражданское право: Общая часть: учебник / 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2023. 512 с.

УДК 347.77

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Опарина А.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
oparinaayu@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Видякина О.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В условиях стремительного роста значимости нематериальных активов и научно-технологической конкуренции патентная аналитика становится важнейшим инструментом стратегического управления интеллектуальной собственностью (ИС). Она обеспечивает выявление технологических трендов, оценку конкурентной среды, планирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и формирование корпоративных и государственных решений. В отличие от простой работы с патентными базами, патентная аналитика представляет собой комплексную систему обработки и интерпретации информации с использованием статистических методов, лингвистического анализа, визуализации и элементов искусственного интеллекта [1].

Несмотря на практическую значимость, патентная аналитика пока не обладает всеми признаками зрелого института. Применение институционального подхода (в понимании Д. Норта и А.Е. Шаститко) позволяет рассматривать её как совокупность формальных правил,

неформальных норм и механизмов соблюдения, которые обеспечивают устойчивое функционирование определённой сферы [2].

Сегодня патентная аналитика обладает лишь частичной институциональной структурой. Методики её проведения не унифицированы, законодательное регулирование отсутствует, профессия патентного аналитика не закреплена в национальных стандартах. Применение патентной аналитики в управлении ИС чаще всего не является обязательным, а выполняется для определенных целей. Слабо развита конкуренция аналитических школ, ограничены горизонтальные связи между специалистами, международная институционализация выражена слабо: ВОИС предоставляет только рекомендации [3].

Инфраструктурно патентная аналитика базируется на национальных и международных базах данных (платформа Роспатента, Espacenet, Patentscope, Lens) и специализированных платформах, однако организационно остаётся фрагментарной. Барьерами институционализации являются недостаточная интеграция в управленческие процессы, дефицит специалистов, отсутствие единых стандартов и неразвитость рынка аналитических услуг в малом и среднем бизнесе.

Таким образом, патентная аналитика находится на этапе институционального становления. Для формирования полноценного института необходимы признание профессии патентного аналитика как профессионального вида деятельности, разработка нормативных стандартов, создание профессиональных сообществ и укрепление международного взаимодействия.

Список литературы

1. Методические рекомендации по подготовке отчетов о патентном обзоре (патентный ландшафт): утвержденные приказом Федеральной службы по интеллектуальной собственности от 23 января 2017 г. № 8. М.: ФИПС, 2017. 16 с.
2. Клейнер Г.Б. Институты: определение, признаки и направления исследования // Управление. 2016. № 3 (13). С. 05-11. DOI: 10.12737/21290.
3. World Intellectual Property Organization (WIPO). Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports. Geneva: WIPO, 2015. URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 347.736

БАНКРОТСТВО ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ В РФ

Сегал М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
segalm@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Хватова М.А., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Несостоятельность (банкротство) – признанная арбитражным судом или наступившая в результате завершения процедуры внесудебного банкротства гражданина неспособность должника в полном объеме удовлетворить требования кредиторов по денежным обязательствам, о выплате выходных пособий и (или) об оплате труда лиц, работающих или работавших по трудовому договору, и (или) исполнить обязанность по уплате обязательных платежей [1].

В соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации Федеральный закон от 26.10.2002 N 127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» (далее – «Закон о банкротстве», «127-ФЗ») устанавливает основания для признания должника несостоятельным (банкротом) (далее – «банкрот»), регулирует порядок и условия осуществления мер по предупреждению банкротства, порядок и условия проведения процедур, применяемых в деле о банкротстве, и

иные отношения, возникающие при неспособности должника удовлетворить в полном объеме требования кредиторов.

С 1 октября 2015 года вступили в силу внесенные в Закон о банкротстве поправки, которые дополнили российское законодательство институтом банкротства физического лица (гражданина). Физические лица (далее – «ФЛ», «Гражданин») такую процедуру проходят в Арбитражном суде или МФЦ в зависимости от суммы долга.

127-ФЗ предоставляет гражданам, попавшим в трудное финансовое положение, следующие возможности: 1) *реструктуризация долгов* – суд может предоставить гражданину рассрочку оплаты всех долгов на срок до 3-х лет; 2) *реализация имущества* – суд может полностью освободить гражданина от всех его долгов; 3) *мировое соглашение* – процедура, применяемая в деле о банкротстве на любой стадии его рассмотрения в целях прекращения производства по делу путем достижения соглашения между должником и кредиторами.

На практике, юристы советуют обращаться к банкротству в следующих случаях: 1) на оплату кредитов уходит более 80% доходов; 2) у человека совсем нет дохода, но есть долги; 3) в результате несчастного случая или болезни резко сократились доходы [2].

В 2025 г. в РФ есть *две разновидности процедуры банкротства для ФЛ*: 1) *судебное банкротство* (проводится через арбитражный суд); 2) *упрощенное банкротство* (проводится через МФЦ). Помимо того, что упрощенное банкротство через МФЦ является бесплатным, существуют и другие различия между этими разновидностями процедуры: судебное банкротство позволяет осуществить списание всех долгов на любую сумму, в то время как путём упрощённого банкротства возможно списание только тех долгов, которое гражданин указал в своём заявлении при подаче в МФЦ и на сумму от 25 тысяч до 1 млн. рублей. При этом упрощённая процедура не позволяет списать налоговые задолженности, алиментные обязательства, штрафы и компенсации, а также долги, возникшие в результате мошеннических действий. Повторно пройти процедуру банкротства возможно через 5 лет после завершения предыдущей.

К преимуществам признания ФЛ банкротом можно отнести: 1) официальное списание долгов: 1) улучшение финансового состояния; 2) закрытие исполнительных производств по долгам; 3) прекращение звонков от банков и коллекторов.

Негативные последствия процедуры банкротства достаточно существенные: 1) списание долгов проходит через реализацию имущества; 2) на период процедуры банковские карты и счета должника блокируются, а сам он должен проживать на прожиточный минимум; 3) длительность процедуры составляет 6 месяцев; 4) при подаче заявки на кредит необходимо будет указывать, что гражданин проходил процедуру банкротства; 4) повторно списать долги можно только через 5 лет; 5) В течение 3 лет банкрот не сможет становиться генеральным директором или занимать другие должности по уставу организации (выступать учредителем при этом можно).

Основной проблематикой практики банкротства ФЛ в РФ является избыточно высокая активность юридических фирм, специализирующихся на банкротстве граждан и приводящая к высокой ежегодной динамике роста количества ФЛ-банкротов: по итогам 2024 года их количество возросло относительно 2023 года на 24% и составило 431 942 человек. В 2023 году относительно 2022 года динамика была ещё выше и составила 25% г/г. При этом среднегодовой прирост количества граждан-банкротов за период с 2015 по 2024 год составил 99% (особенно высокие темпы роста демонстрировались до 2022 года на фоне эффекта низкой базы и большей снисходительности судов к истцам). С момента введения возможности потребительского банкротства в октябре 2015 года количество признанных банкротами граждан достигло 1,53 млн человек. При этом постоянно снижается доля реструктуризации долгов – с 19% в 2019 году от общего количества процедур по 127-ФЗ до 10% по итогам 2024 года [3].

Недобросовестными гражданами процедура банкротства рассматривается как возможность не платить по долговым обязательствам. Несмотря на то, что суды стали менее

снисходительно относиться к искам о банкротстве ФЛ, ожидается дальнейший рост количества банкротств граждан, особенно с учётом охлаждения экономики в 2025 году.

Список литературы

1. Федеральный закон от 26.10.2002 №127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)». URL:https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=499776&dst=101886#9mvPmhU4QbSxhW761 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Публикация на деловом портале РБК. URL: https://www.rbc.ru/industries/news/67e3c08d9a79473a7b14d9c4?utm_source=rbc&utm_medium=main&utm_campaign=905450-67e3c08d9a79473a7b14d9c4&from=column_17 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Статистический бюллетень Федресурса по банкротству 2024. URL: https://fedresurs.ru/news/d87010f9-556a-4874-872b-69d8612a8185?utm_referrer=https:%2F%2Fwww.rbc.ru%2F (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 347

УСЛОВИЯ О ПРАВАХ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ КОНТРАКТАХ

Уразова М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
urazovamarina2020@gmail.com
Научный руководитель: Стороженко О.М., к.ю.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Во многих государственных закупочных процедурах фигурируют объекты интеллектуальной собственности (ОИС) в качестве предмета закупки. Это могут быть объекты патентного права, авторского и смежных прав, средства индивидуализации [1]. Для того, чтобы регламентировать, какой стороне принадлежат исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в ходе выполнения работ по договору, в договоре прописываются условия о правах на ОИС.

Для того, чтобы структурировать условия о правах на ОИС, разделим договоры на 2 группы: 1) научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы (НИОКТР); 2) договоры государственного заказа.

Изучив выборку из 20 договоров [2] первого типа крупных промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов из разных сфер деятельности, было выявлено, что в данный тип договоров добавляют отдельный раздел «Права на объекты интеллектуальной собственности» [3]. Возможные пункты данного раздела: 1) принадлежность прав на результаты работ; 2) срок уведомления исполнителем заказчика о получении при выполнении работ результатов интеллектуальной деятельности, способных к правовой охране; 3) принадлежность права на получение патента/свидетельства о регистрации программы для ЭВМ/базы данных, созданного в ходе выполнения работ; 4) информация об оформлении заявки на выдачу патента/регистрацию программы для ЭВМ/базы данных и оплате государственных пошлин за юридически значимые действия; 5) иные условия.

В случае договоров второго типа стоит отметить, что договоры государственного заказа изначально направлены на создание объекта интеллектуальной собственности. Согласно условиям таких договоров, права на созданные объекты интеллектуальной собственности принадлежат заказчику, либо третьей стороне – индустриальному партнеру, который является выгодополучателем и, соответственно, патентообладателем.

Также стоит упомянуть договоры посреднических и агентских услуг. В данном случае примером могут быть договоры в области патентования, регистрации и защиты прав на

объекты интеллектуальной собственности, а также услуг аудита в сфере интеллектуальной собственности. В них нет отдельного раздела о правах на объекты интеллектуальной собственности, так как согласно предмету договора, исполнитель не может претендовать на совместное правообладание.

Еще одна группа договоров, которую необходимо выделить – договоры на поставку товаров. Изучив выборку из договоров данного типа, были выявлены возможные пункты раздела «Права на объекты интеллектуальной собственности» в данных договорах: 1) принадлежность прав на используемые результаты интеллектуальной деятельности и объекты интеллектуальной собственности; 2) запрет на использование исполнителем каких-либо РИД, полученных от заказчика для исполнения договора, в целях, не связанных с предметом договора; 4) иные условия.

Таким образом подход к регулированию прав на ОИС определяется в зависимости от предмета закупки и типа договора. В зависимости от перечисленных факторов, условия о правах на объекты интеллектуальной собственности требуют детальной проработки для каждого конкретного случая договора.

Список литературы

1. Амелина К.Е., Салицкая Е.А. Управление интеллектуальной собственностью. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. 37 с.
2. Единая информационная система в сфере закупок. URL: https://zakupki.gov.ru/ (Дата обращения 07.04.2025);
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) «Права сторон на результаты работ» № 14-ФЗ. 1996 г. Ст. 772 с изм. и допол. в ред. от 13.12.2024. п. 1–3. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/87540ab2ba9519a49c7f2645271726d6d6e3fabe/ (Дата обращения 07.04.2025).

УДК 034, 347.77

ЦЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ИХ НЕДОСТИЖЕНИЯ

Юрченко А.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
Alina_yurchenko03@rambler.ru
Научный руководитель: Стороженко О.М., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

В 2004 году Ч. Весснер выдвинул теорию об инновациях как процессе трансформации научных исследований в товар или услугу, востребованные на рынке.

Данное понятие коррелирует с определением, предложенным законодателем – инновации – введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт, процесс, новый метод продаж, новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях [1].

Организации, создающие инновации, называются *инновационными.* К ним относятся как коммерческие организации (X5 GROUP, Сбер, Газпром), так и крупные госкорпорации (ГК «Росатом»). Все указанные организации реализуют процесс трансформации знаний в продукт и их последующее внедрение на рынок.

Управление интеллектуальной собственностью подразумевает реализацию следующих функций: 1) создание/выявление результата интеллектуальной деятельности, 2) правовая охрана, 3) учет прав на интеллектуальную собственность, 4) распоряжение

исключительным правом (также называют коммерциализацией), 5) защита прав на интеллектуальную собственность.

Оформленная, работающая система управления интеллектуальной собственностью (далее – СУИС) предполагает совокупное исполнение указанных функций. Их бесперебойная реализация обеспечивает достижение целей управления интеллектуальной собственностью инновационных организаций.

К числу целей управления интеллектуальной собственностью (далее – ИС) инновационных организаций можно отнести 1) формирование механизмов управления интеллектуальной собственностью, 2) формирование ответственных за ИС департаментов и их структуры, 3) формирование объективных критериев результативности управления ИС, 4) своевременное выявление объектов ИС, 5) формирование механизмов коммерциализации, 6) формирование узнаваемости бренда за счет ИС.

Формирование механизмов управления интеллектуальной собственностью и оформление ответственных за ИС департаментов и их структуры тесно связаны друг с другом, поскольку любая СУИС нуждается в квалифицированных кадрах, которые будут ее реализовывать. Данные цели не связаны напрямую с функциями управления ИС, поскольку формируются до построения полноценной системы и служат для ее последующего обеспечения. Причины недостижение этих целей могут начаться еще когда появление СУИС в компании только на этапе планирования — владельцы бизнеса не занимают активную позицию, не понимают значимость ИС, и почему СИУС важна. Катализатором к формированию полноценной СУИС или хотя бы департаментов, занимающихся оформлением и защитой ИС становятся проблемные ситуации в этой сфере – претензии от контрагентов или потеря собственных ИС. Если организация поняла необходимость таких структур, то возникает следующая проблема – кто должен заниматься полным циклом управления ИС. В попытке найти ответственных появляется разрозненная «башня» из департаментов и отделов, которые «говорят на разных языках», и фактически отсутствует комплексная и многоуровневая структура.

Формирование объективных критериев результативности управления ИС – не менее важная цель управления ИС. Данная цель не является выражением какой-либо функции управления ИС, но тесно связана с функцией коммерциализации, рассмотренной далее. На этапе формирования СУИС и оценки ее эффективности закономерно возникает вопрос – какими показателями руководствоваться для этой оценки? Такой вопрос возник и у Уральского федерального университета [2]. По образному выражению одного из членов наблюдательного совета УрФУ, «период романтизма» (где показатель эффективности = числу ОИС за отчетный период) в инновационной деятельности университета закончился, и важнейшими критериями результативности деятельности университета в сфере управления ИС сейчас являются показатели доходности. Таким образом формируется проблема соблюдения баланса интересов.

Цель своевременного выявление объектов ИС является одной из ключевых и демонстрирует реализацию функции создания/выявления ИС. Причиной недостижения может являться отсутствие культуры обращения с ИС, в том числе низкая осведомленность, низкая правовая грамотность. Так, например, ПАО «Газпром» объединяет множество дочерних и зависимых организаций, которые реализует большой объем договоров. В рамках исполнения договоров встречаются ситуации, когда отсутствие контроля за поэтапным исполнением со стороны приводит к быстрому распространение практик между единицами группы компаний без оформления прав на ИС [3]. Таким образом организация теряет объект, прибыль от его коммерциализации, а также возможность последующей защиты ИС.

Построить механизмы коммерциализации, приносящие наибольшую прибыль – также цель управления интеллектуальной собственностью, обеспечивающая реализацию функции коммерциализации. Причинами недостижения этой цели может являться «бездумная» регистрация ИС. Это ситуация, когда большинство созданных объектов ИС просто не

используются и формируют «мертвый груз». Так происходит, когда организация настроила механизм правовой охраны, но не продумала на старте потенциал использования охраняемого объекта в собственном бизнесе или предоставление лицензий иным компаниям. В дальнейшем выясняется, что объект не принес коммерческой выгоды, но затраты на его создание, оформление и поддержание бизнес уже понес.

Таким образом проблемы в управлении ИС у инновационных организаций встречаются как на этапах, предшествующих построению СУИС, так и в рамках реализаций каждой из функций управления ИС. При этом недостижение целей управления влечет серьезные финансовые потери для организаций, в том числе иногда и банкротство (например, дело № А40–128261/2020). Предупреждение таких рисков обуславливает необходимость исследований в данной сфере.

Список литературы

1. Федеральный закон 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/ (Дата обращения 10.04.2025).
2. Шульгин Д.Б., Кортов С.В., Терлыга Н.Г. Опыт формирования системы управления интеллектуальной собственностью в УрФУ // Университетское управление: практика и анализ. 2016. № 2. С. 72-83.
3. Цицкиев Э.Р. Управление интеллектуальной собственностью в ПАО «ГАЗПРОМ» // Известия КБНЦ РАН. 2019. № 2 (88). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-intellektualnoy-sobstvennostyu-v-pao-gazprom (Дата обращения 10.04.2025).

РАЗДЕЛ «БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

СЕКЦИЯ «БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

УДК 621.317.33

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Захарян Р.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
robertz99100@mail.ru
Сидорова М.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
m.sidorova11@yandex.ru
Научный руководитель: Косоруков А.Е., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Электропунктурная диагностика представляет особый интерес среди методов экспресс-оценки состояния организма, поскольку позволяет получать информацию об организме по 24 точкам акупунктуры. Эти специфические участки кожи обладают динамически изменяющимися электрическими параметрами, которые отражают функциональное состояние различных органов и систем. Хотя репутация метода была существенно подорвана некорректным применением метода Фолля, существуют примеры успешного применения [1]. Исследования [2] подтвердили, что ключевая диагностическая информация содержится именно в электрических характеристиках кожных покровов, определяемых преимущественно свойствами рогового слоя в зоне контакта с активным электродом. В отличие от ранних советских разработок, современные технологии позволяют не просто фиксировать электрические параметры, но и идентифицировать соответствующие им характеристики биологических тканей. Это открывает новые возможности для создания адекватных физических моделей.

В ходе проведенного исследования была поставлена задача разработки адекватной модели. В качестве основы выбрана двухкомпонентная схема замещения, состоящая из параллельного соединения емкости и проводимости, поскольку более сложные модели, несмотря на потенциально большую точность, затрудняют интерпретацию полученных параметров с биологической точки зрения. Особое внимание уделялось учету нелинейного характера определяемых параметров – рассматривались как линейные (с постоянными параметрами), так и нелинейные модели, где проводимость и емкость зависели от протекающего тока или падения напряжения, вызванного протеканием тока, по полиномиальному закону.

Для описания процессов в электрической цепи были разработаны математические модели, верификация которых проводилась в два этапа: сначала на линейных элементах (резисторах и конденсаторах), затем на биологических тканях. Критерием адекватности служила степень соответствия расчетных значений напряжения экспериментально измеренным.

Результаты моделирования показали, что разработанная модель успешно справляется с идентификацией параметров как для линейных, так и для нелинейных элементов. Испытания на пассивных компонентах подтвердили отсутствие ложной идентификации нелинейности. При работе с биотканью был выявлен нелинейный характер проводимости и емкости. Анализ среднеквадратичного отклонения расчетных значений от экспериментальных данных напряжения продемонстрировал, что наилучшее соответствие достигается при использовании модели с нелинейной проводимостью, разложенной по степеням напряжения, что согласуется

с выводами статьи [3]. Полученные результаты создают основу для разработки аппаратно-программного комплекса экспресс-оценки состояния организма.

Для реализации измерения электрических параметров по предложенному методу была разработана схема электрическая принципиальная, которая обеспечивает подачу зондирующего воздействия и регистрацию тока и напряжения с необходимой для достоверной идентификации параметров модели точностью измерения, определенной при исследовании моделей. Данная схема имеет две модификации: с проводной связью с персональным компьютером либо с питанием от аккумулятора и связью по Bluetooth. В соответствие с разработанной схемой была изготовлена плата и законченное устройство, обеспечивающее необходимое усилие прижатия в 0,5 Н, чтобы обеспечить повторяемость и воспроизводимость результатов.

У использованных ранее прототипов прижатие электрода осуществлялось пружинным методом, однако он не давал желаемую точность и требовал сложной настройки. Поэтому была разработана модификация с применением магнитного подвеса, гарантирующего мягкий и стабильный контакт и исключающего избыточное давление, что крайне важно для воспроизводимости измерений.

Помимо изготовленного материального воплощения в виде электрических и конструкторских решений требуется программное обеспечение, над которым ведется работа.

Список литературы

1. Розанов А.Л. Метод электропунктурной диагностики «Прогноз» // Рефлексотерапия. 2003. Т. 1. С. 26-36.
2. Быстров Ю.Г. Компьютерная рефлексодиагностика: теоретические и практические аспекты // Программные продукты и системы. 1994. № 1. С. 38-51.
3. Карпухин В.А., Косоруков А.Е., Самородов А.В., Бурцев А.А., Загрядский В.А. Исследование адекватности нелинейной электрической модели кожи // Медицинская техника. 2023. № 2. С. 16–19.

УДК 616.31, 615.47, 004.89

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОНКОСКРИНИНГЕ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ РТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ

Ефимов И.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
toradingrem2003@gmail.com
Научный руководитель: Колпаков А.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Рак полости рта является одной из серьёзных проблем здравоохранения по всему миру. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), частота выявления онкологических заболеваний, локализованных в полости рта, в различных регионах мира достигает двадцати случаев на 100 000 населения. В Российской Федерации злокачественные новообразования полости рта составляют 1.4% от всех случаев онкологических заболеваний, при этом прирост заболеваемости онкологическими заболеваниями полости рта за период с 2013 по 2023 год составил 30,7% [1]. Применение искусственного интеллекта (далее – ИИ) при онкоскрининге открывает новые перспективы, позволяя существенно повысить точность и скорость выявления патологических изменений на ранних стадиях, что значительно улучшает прогноз и результаты лечения пациента.

У системы поддержки принятия решений врача при онкоскрининге слизистой оболочки рта с применением спектроскопии диффузного отражения (далее – СППРВ СДО)

есть несколько преимуществ по сравнению с другими методами: 1) СППРВ СДО не требует биопсии, что удобно для скрининга и ранней диагностики. 2) СППРВ СДО помогает в раннем выявлении патологий, так, например, можно диагностировать предраковые и ранние стадии рака, когда другие методы (например, визуальный осмотр) ещё неэффективны. 3) СППРВ СДО является безопасной, так как используются видимый и ближний ИК диапазоны длин волн излучения. 4) СППРВ СДО включает в себя выбор метода классификации, есть возможность проведения как бинарной, так и дифференциальной классификации.

СППРВ СДО предназначена для помощи врачу в раннем выявлении различных предраковых поражений и рака слизистой оболочки рта (далее – СОР). Основные задачи СППРВ СДО включают в себя загрузку, обработку и классификацию спектральных данных, полученных с поверхности СОР. Работа СППРВ СДО строится на трёх основных модулях: модуль загрузки данных, модуль предобработки и визуализации данных, модуль классификации. Первый модуль отвечает за загрузку спектральных данных в программу. Второй модуль отвечает за предобработку данных, фильтрацию, а также за визуализацию спектров. Третий модуль отвечает за классификацию: бинарная (например, норма/патология), дифференциальная (например, глоссит/красный плоский лишай/лейкоплакия). СППРВ СДО предоставляет врачу результаты в наглядной форме в виде вероятности наличия патологии в процентах на гистограмме, а также отображения на спектрах ключевых длин волн, на основе которых был получен результат классификации, что может быть полезно для обоснования результата классификации, так как, например, наблюдаемое уменьшение интенсивности спектров в диапазоне длин волн от 400 до 600 нм в пораженной зоне связано с увеличением концентрации окси- и дезоксигемоглобина, а также воды, что обусловлено повышенным числом микрососудов и увеличением числа жировых клеток при развитии злокачественных эпителиальных изменений. [2]. Таким образом, система позволяет повысить точность диагностики, ускорить процесс принятия решений и минимизировать необходимость инвазивных процедур, таких как биопсия, особенно на ранних стадиях заболевания.

В ходе работы разработан модуль загрузки, разработан модуль визуализации спектров, разработаны методы предобработки спектров, разработан модуль визуализации результатов классификации. В ходе дальнейшей разработки СППРВ СДО планируется: увеличение выборки пациентов с целью увеличения точности классификации, добавление дополнительных методов предобработки, добавление новых методов классификации, добавление поля ввода с выбором зоны патологии (язык, щёки и т.д.), интеграция базы данных для хранения медицинской информации, включающей историю диагнозов, персональные данные пациентов и спектральные данные.

Список литературы

1. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИИОИ им. П.А. Герцена–филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2023. 276 с.
2. Bydlon T.M., Nachabé R., Ramanujam N., Sterenborg H.J., Hendriks B.H. Chromophore based analyses of steady-state diffuse reflectance spectroscopy: Current status and perspectives for clinical adoption. // J. Biophotonics. 2015. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbio.201300198 (Дата обращения 03.03.2025).

УДК 615.837.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ВЕНОЗНОЙ СТЕНКИ В ПРОЦЕССЕ РОБОТ-АССИСТИРОВАННОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АБЛЯЦИИ.

Карасев А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
arturkarasev165@gmail.com
Титова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
teoremae@mail.ru
Филиппова О.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
filippovaoa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Борде А.С., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Варикозная болезнь вен нижних конечностей (ВБНК) является распространенной во всём мире сосудистой патологией, лечение которой требует хирургического вмешательства. Среди многообразия современных эндовенозных (внутрисосудистых) методов лечения варикоза, использующих различные типы энергетических воздействий на внутреннюю оболочку вен, наиболее изученными являются тепловые методы, основанные на лазерном или радиочастотном излучении [1, 2, 3].

Данные методы, однако, достигли определенного предела в своем техническом развитии, что обусловлено физическими принципами лазерного или радиочастотного излучения. При этом задача оптимизации режимов воздействия сводится к поиску компромисса между недостаточным уровнем потока энергии, не приводящим к закрытию просвета вены, с одной стороны, и чрезмерно высоким уровнем потока энергии, создающим риски перфорации венозной стенки – с другой. Более детальное теоретическое и экспериментальное изучение теплового поля венозной стенки в процессе эндовенозного воздействия может открыть новые направления совершенствования методов тепловой абляции вен.

Целью данной работы является исследование нагрева венозной стенки во время проведения ультразвуковой абляции для дальнейшего определения наиболее эффективных параметров воздействия, обеспечивающих равномерную тепловую деструкцию подкожных вен нижних конечностей и исключение потенциальных рисков теплового повреждения окружающих сосуд тканей и перфорации сосудистой стенки.

В качестве ультразвуковой системы воздействия был использован ультразвуковой хирургический аппарат «ФОТЕК», генерирующий ультразвуковые колебания с частотой в диапазоне от 23 до 25 кГц. Для контроля перемещения ультразвукового инструмента внутри вены был использован коллаборативный робот-манипулятор Universal Robots UR5 и разработанное для него программное обеспечение, с помощью которого возможно изменять такие параметры как время преднагрева и скорость извлечения инструмента из вены.

Для регистрации температуры на поверхности вены были использованы термопары типа К, предварительно откалиброванные по показаниям температурного зонда с поверкой Pt100 (абсолютная погрешность измерения температуры ±0,1 °С) и тепловизор ИРТИС-2000МЕ с точностью определения температуры ±1 °С в диапазоне до 100 °С и ±1 % свыше 100 °С.

Для крепления образца вены таким образом, чтобы представлялось возможным реализовать все вышеперечисленные условия проведения эксперимента была разработана специальная оснастка, состоящая из бассейна, в основание которого вставлены две идентичные направляющие трубки. Края фрагмента вены закреплялись с небольшим предварительным натяжением на краях направляющих трубок. На дне бассейна

устанавливалась цилиндрическая подложка с прорезью, соответствующей размеру вены. На ней располагался исследуемый образец, а в боковой поверхности подложки было предусмотрено четыре отверстия для размещения термопар в контакте с внешней поверхностью вены. Бассейн заполняли физраствором во избежание высушивания образца вены.

Моделирование ультразвуковой абляции проводили со следующими параметрами: время предварительного нагрева – 90 с, скорость извлечения инструмента – 1 мм/с, мощность ультразвукового генератора – 100 %.

Сравнительный анализ графиков температуры, полученных с различных измерительных приборов, показал, что точность регистрации температуры с помощью тепловизора относительно термопар составила 92 %, что подтверждает возможность его использования для регистрации распределения температурного поля на поверхности венозной стенки.

Список литературы

1. Борде А.С. Биотехническая система для ультразвуковой облитерации подкожных вен нижних конечностей: 2.2.12 - Приборы, системы и изделия медицинского назначения: дис... к.т.н. МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский ун-т). М., 2021. 196 с.
2. Борде А.С., Беликов Н.В., Соколова Д.Ю. Экспериментальное исследование нагрева вены в процессе эндовенозной ультразвуковой облитерации in vitro. // Политехнический молодежный журнал. 2021. № 09 (62). DOI: http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-09-733
3. Шайдаков Е.В., Илюхин Е.А., Петухов А.В. Эндовазальная лазерная облитерация магистральных подкожных вен–механизм действия // Ангиология и сосудистая хирургия. 2012. Т. 18. № 1. С. 148-156.

УДК 538.9

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИКОЙ КЛЕТОК ПРИ ПОМОЩИ ВРАЩАЮЩИХСЯ КОНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Кохановская А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
sashakv7@gmail.com
Научный руководитель: Яковлев Е.В., к.ф.–м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

В настоящее время микрофабрикация биоматериалов представляет собой перспективное направление на стыке биотехнологий, материаловедения и биомедицины. Данные технологии позволяют создавать сложные трёхмерные структуры с контролируемыми свойствами на микроуровне, что открывает новые возможности для решения актуальных задач регенеративной медицины, тканевой инженерии и разработки биомедицинских устройств [1], а также являются первым шагом на пути создания методов 3D биопринтинга на новых принципах [2].

Существуют различные методы микрофабрикации, среди которых метод генерации внешних вращающихся электрических полей для управления самоорганизацией на микроуровне обладает наибольшими перспективами. Суть метода заключается в том, что клетки под действием электрических сил способны достаточно быстро собираться в различные заранее заданные структуры. Настраивая поля, можно добиться создания ткане- и органо- подобных систем.

Однако для создания трехмерных структур необходимо задавать трехмерный годограф электрического поля, что в свою очередь является сложной и малоизученной задачей. Именно эта задача легла в основу данной работы, целью которой была разработка биотехнической

системы, генерирующей коническое электрическое поле для управления динамикой частиц, клеток и их последующей микрофабрикации.

В основу новой разработки заложена экспериментальная система, генерирующая плоское электрическое поле, описанная в работе [3]. Для этого поле создавалось одной электродной ячейкой – стеклянной пластиной с восемью электродами. Для получения трехмерного годографа экспериментальная система была модернизирована добавлением второй электродной ячейки, расположенной на определенном расстоянии над первой. На электроды подавались электрические сигналы, смещенные по фазе. Было проведено компьютерное моделирование методом конечных элементов и найдены геометрические и физические параметры электродных ячеек. Так, например, варьировалось расстояние между ними. Расчеты показали, что необходимое однородное поле создается при расположении ячеек на расстоянии 500 мкм.

Для получения на электродах достаточных значений напряжения сигналов, был смоделирован и разработан усилитель. Схема представляет собой усилитель мощности на базе операционного усилителя с двухтактным выходным каскадом на транзисторах. Кроме этого, были добавлены трансформаторы, которые позволили на выходе получить напряжение до 800 В. Также был смоделирован каскад фазовращателей, дающий возможность смещать сигналы на двух ячейках друг относительно друга на угол до 90 градусов.

В результате была собрана экспериментальная система, состоящая из (i) блока микроскопа – камеры, объектива и светового источника, (ii) блока ячеек, (iii) генератора сигнала и усилителя, а также (iv) позиционеров, с помощью которых можно точно настраивать относительное положение ячеек с электродами. В конечном итоге были проведены пилотные эксперименты с коллоидными частицами, тем самым показана работоспособность системы.

Список литературы

1. Solovchuk D.R. Advances in AI-assisted biochip technology for biomedicine // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2024. V. 177. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.116997
2. Yang G.H. et al. A skeleton muscle model using GelMA-based cell-aligned bioink processed with an electric-field assisted 3D/4D bioprinting // Theranostics. 2021. V. 11. № 1. DOI: 10.7150/thno.50794.
3. Yakovlev E.V. et al. Tunable two-dimensional assembly of colloidal particles in rotating electric fields // Scientific reports. 2017. V. 7. № 1. – DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-017-14001-y.

УДК 616-073.584

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДА ВИЗУАЛИЗАЦИИ БИОТКАНЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕННО-МОДУЛИРОВАННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Семенова А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
prof.s.cfm@gmail.com
Соколова Д.Ю., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
whyclos@mail.ru
Научный руководитель: Колпаков А.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Оптические методы визуализации биологических тканей активно развиваются как в фундаментальных исследованиях, так и в клинической практике благодаря их способности неинвазивно оценивать структурные и функциональные характеристики биологических

тканей, что позволяет проводить мониторинг широкого спектра заболеваний — от воспалительных процессов до онкологических патологий [1]. Среди них выделяется метод визуализации биотканей в пространственно-модулированном излучении (Spatial Frequency Domain Imaging, SFDI), сочетающий высокую чувствительность к изменениям оптических свойств с возможностью количественного определения коэффициентов поглощения и рассеяния — ключевых параметров для диагностики нарушений микроциркуляции и оксигенации тканей [2]. В отличие от точечных методов, таких как ИК-спектрофотомерия, SFDI обеспечивает исследование больших площадей с одновременной мультиспектральной оценкой, что особенно ценно при выявлении поражений на ранней стадии. Это делает технологию перспективным инструментом в области онкологического скрининга, включая диагностику рака полости рта, где ключевым остается своевременное выявление минимальных изменений в тканях.

На сегодняшний день плоскоклеточный рак слизистой оболочки полости рта и красной каймы губ — одно из наиболее распространенных злокачественных новообразований в мире, занимая 16-ое место среди всех типов рака [3]. Диагностика рака полости рта на ранних стадиях затруднительна из-за отсутствия выраженных клинических симптомов, что приводит к позднему выявлению, усложнению последующего лечения и повышению рисков для пациента. Существующие методы диагностики ранних стадий рака полости рта недостаточно эффективны: визуальный осмотр субъективен, а биопсия сопряжена с рисками. Разработка и внедрение объективных, безопасных и информативных подходов для скрининга и дифференциации патологических изменений остается важной задачей здравоохранения.

Данная работа направлена на оценку эксплуатационных характеристик технологии SFDI при ее применении для онкологического скрининга слизистой оболочки рта и выявления поражений на ранних стадиях заболевания. Экспериментальные исследования, направленные на анализ воспроизводимости, чувствительности и диагностической информативности метода проведены с использованием тест-объектов из силикона с введенными растворами туши различной концентрации (0,25–1%). Растворы моделируют патологические изменения на ранней стадии, визуально неразличимые между собой, что позволяет оценить перспективность метода для неинвазивного обнаружения минимальных отклонений оптических свойств тканей.

В ходе исследования метода SFDI использован стенд, содержащий модуль освещения; модуль пространственной модуляции и модуль регистрации изображений. Стенд позволяет регистрировать изображения на длинах волн 660 и 808 нм при различной пространственной частоте модуляции излучения, что позволяет определить метаболическую функцию ткани.

Полученные данные подтверждают высокую чувствительность метода: при снижении концентрации с 1% до 0,25% наблюдается линейное уменьшение коэффициента поглощения с 0,03 до 0,02 $мм^{-1}$ и коэффициента рассеяния с 0,25 до 0,14 $мм^{-1}$ на длине волны 660 нм. Низкое значение стандартного отклонения в серии измерений свидетельствует о высокой воспроизводимости метода. Сравнение данных на 660 нм и 808 нм показывает перспективность мультиспектрального подхода: разница в чувствительности параметров к концентрации (разница для поглощения составляет 45,2% и 3,2% для рассеяния между длинами волн) позволяет повысить точность диагностики за счет перекрестной верификации результатов. Дополнительно изучена зависимость рассчитанных оптических коэффициентов от расстояния между системой визуализации и объектом. Установлено, что уменьшение расстояния приводит к систематическому занижению коэффициентов, что может вызывать ложноотрицательные результаты. Предложена гипотеза о возможности минимизации этих артефактов путем экспоненциальной коррекции, включающей эмпирический коэффициент, зависящий от длины волны и свойств ткани.

Полученные результаты демонстрируют потенциал технологии SFDI для раннего, неинвазивного и количественно обоснованного онкологического скрининга, а также

формируют основу для дальнейшей разработки портативных систем визуализации, ориентированных на клиническое применение в стоматологической практике.

Список литературы

1. Zhang L., Bounds A.D., Fleming J.P., Girkin J.M. Characterizing surgical wound sites with spatial frequency domain imaging (SFDI) // In: Latin America Optics and Photonics (LAOP) Conference (Recife Brazil, 07-11 August 2022). / ed. by Technical Digest Series (Optica Publishing Group). DOI: 10.1364/LAOP.2022.Tu1B.7.
2. Gioux S., Mazhar A., Cuccia D.J. Spatial frequency domain imaging in 2019: principles, applications, and perspectives // J. Biomed. Opt. 2019. №24 (7). DOI: 10.1117/1.JBO.24.7.071613.
3. Yang J., Guo K., Zhang A., Zhu Y., Li W., Yu J., Wang P. Survival analysis of age-related oral squamous cell carcinoma: a population study based on SEER // European Journal of Medical Research. 2023. V. 28. № 413. DOI: 10.1186/s40001-023-01345-7.

УДК 62-52.616-005

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Филимонов Т.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
filimonovte@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Борде А.С., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Эндоваскулярные операции [1] представляют собой современные методы лечения сердечно-сосудистых заболеваний, позволяющие минимизировать травматичность вмешательства и ускорить процесс восстановления пациентов. Для повышения точности манипуляций и снижения риска осложнений разрабатываются роботизированные системы, способные обеспечить точное позиционирование инструментов внутри сосудов пациента. В данной работе проведен кинематический анализ робота-манипулятора для эндоваскулярных операций.

Разрабатываемый робот манипулятор имеет 4 степени свободы и располагается на передвижном столе, что позволяет добавить дополнительную степень свободы при позиционировании манипулятора над областью проведения операции.

Прямая задача кинематики [2] решена путем определения координат конечного узла манипулятора через углы поворота звеньев. Для узлов 1, 2 и 3 получены уравнения связи:

$$x3 = L2 * \cos(a) * \cos(c) + L3 * \cos(b) * \cos(c) \quad (1)$$

$$y3 = L2 * \cos(a) * \sin(c) + L3 * \cos(b) * \sin(c) \quad (2)$$

$$z3 = L1 + L2 * \sin(a) + L3 * \sin(b) \quad (3)$$

L1, L2, L3 – длины плеч манипулятора. Углы поворота звеньев обозначены за a, b, c.

Обратная задача кинематики [2] заключается в определении углов поворота манипулятора при заданных координатах конечного узла – x, y, z. Для углов поворота манипулятора c, a1, a2 получены уравнения:

$$c = arctg\left(\frac{y}{x}\right) \quad (4)$$

$$a1 = \left|arctg\left(\frac{z-L1}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) - arccos\left(\frac{L2^2+x^2+y^2+(z-L1)^2-L3^2}{2*L2*\sqrt{x^2+y^2+(z-L1)^2}}\right)\right| \quad (5)$$

$$a2 = \pm arccos\left(\frac{x^2+y^2+(z-L1)^2-L2^2-L3^2}{2*L2*L3}\right) \quad (6)$$

Проведено сравнение разрабатываемого манипулятора для выполнения эндоваскулярных операций с коллаборативным роботом UR5e. Точность позиционирования разрабатываемого манипулятора составила 0,06 мм, рабочий диапазон скорости инструмента составил 0,7-10 мм/с. Точность позиционирования робота UR5e по техническим характеристикам составляет 0,03 мм, максимальная скорость передвижения инструмента робота UR5e составляет 1 м/с.

Таким образом, был проведен кинематический анализ робота-манипулятора для проведения эндоваскулярных операций. Решены прямая и обратная задачи кинематики, и проведено сравнение разрабатываемого манипулятора с промышленным роботом UR5e. Результаты показали, что параметры разрабатываемого робота-манипулятора достаточны для выполнения эндоваскулярных операций.

Список литературы

1. Калинин А.А. Миниинвазивные операции у больных с заболеваниями сосудов / А.А. Калинин, О. Е. Кутырев, А. Б. Сахаров и др. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2014. № 7. С. 4-7.
2. Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 4. С. 65-74.

СЕКЦИЯ «МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 616-72

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БЛОКЕ НАГРЕВАНИЯ УСТРОЙСТВА ПАРОВОЙ ТЕРМОАБЛЯЦИИ

Боголюбова Ю.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
bogolyubovajulia@gmail.com
Научный руководитель: Ермолаев Е.С., к.б.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Варикозная болезнь - наиболее распространенное хроническое заболевание вен, характеризующееся нарушениями венозного оттока. Это заболевание может повлечь за собой образование тромбов в глубокой и поверхностной венозной сети [1]. Термоабляция - эффективный метод борьбы с варикозной болезнью. На сегодняшний день распространены лазерный и радиочастотный методы термоабляции для лечения данной патологии. Паровая термоабляция – новый метод высокотемпературного воздействия на патологические области, сущность которого заключается в подведении дозированной тепловой энергии к патологическому участку с помощью перегретого водяного пара. В результате паровой облитерации варикозных вен тепловая энергия разрушает внутреннюю сосудистую стенку, что влечет за собой образование фиброзной ткани, закрывающей просвет сосуда и, таким образом, выводящей вену из кровотока. Тонкий и гибкий катетер способен проникать в труднодоступные области, при этом температура на кончике катетера не превышает 120 °С, что исключает обугливание тканей и перфорацию венозной стенки, а также снижает постоперационную боль [2].

Для лечения используется парогенерирующий комплекс, состоящий из парогенератора и комплектующих (стерильная вода, манипулятор, катетеры для подачи пара, стерильные катетеры, вводимые непосредственно в вену). Блок нагревания (манипулятор) преобразует воду в пар. От конструкции манипулятора и физико-технических характеристик элементов конструкции зависят такие выходные параметры, как энергия импульсов пара, температура ручки манипулятора.

Для повышения терапевтической эффективности при лечении пациентов с хронической варикозной болезнью нижних конечностей необходимо передать достаточное количество тепловой энергии от блока нагревания к патологической области, поэтому важно подобрать материал наконечника, который характеризуется такими физическими характеристиками, например, как теплоёмкость и теплопроводность. Теплоемкость стали составляет 462 $\frac{Дж}{кг \cdot К}$, а титана 523 $\frac{Дж}{кг \cdot К}$. Из этого следует, что сталь быстрее нагревается и быстрее остывает, а титан, в свою очередь, нагревается медленнее и остаётся нагретым в течение большего количества времени. Теплопроводность титана 21,9 $\frac{Вт}{м \cdot К}$, стали 45,4 $\frac{Вт}{м \cdot К}$ [3]. А значит, при одинаковых условиях, тепло от пара к титановому наконечнику будет передаваться медленнее, чем к стальному, следовательно, более высокая температура пара (тепловая энергия) будет на выходе из титанового элемента.

На основе приведенных рассуждений сформулирована гипотеза о том, что пар, выходящий из титанового наконечника, обладает большей энергией, чем пар, выходящий из стального.

Целью данной работы являлась качественная и количественная оценка, а также сравнение характеристик пара, выходящего из блоков нагревания двух исполнений с разными техническими характеристиками, в частности с деталями из разных материалов, а также

разработка рекомендаций по выбору материалов для блока нагревания, обеспечивающих наибольшее количество энергии пара.

Для реализации поставленной цели были проведены эксперименты на научно – производственной базе ООО «Акровейн» (г. Москва, Россия) с использованием комплекса ПГК02 для паровой облитерации вен (ООО «Акровейн», Россия), лабораторного калориметра и цифрового термометра с термопарой ECOSCAN TEMP JKT (Eutech instruments Europe B.V., Нидерланды).

В результате выполнения работы были сделаны следующие выводы: энергия одной инжекции пара при этом выше на 39% по сравнению с манипулятором со стальным наконечником. Средняя энергия одной инжекции пара из титанового наконечника с использованием катетера составляет 37,44 ± 3,67 Дж, а из стального - 22,92 ± 3,42 Дж. Использование титанового наконечника в блоке нагревания позволяет провести процедуру паровой термоабляции с последующей облитерацией вен быстрее и эффективнее, поскольку требуемое количество энергии передается за меньшее количество инжекций, чем при использовании стального наконечника.

Список литературы

1. Селиверстов Е., Авакъянц И., Никишков А., Золотухин И. Эпидемиология хронических заболеваний вен // Флебология. 2016. Т. 10. № 1. С. 35-43.
2. Кривоносова Д.В., Ермолаев Е.С. Математическая модель и экспериментальная оценка тепловых процессов в блоке нагревания в составе комплекса для паровой облитерации вен // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2021. Т. 20. № 1. С. 117-125.
3. Кикоин И.К. Таблицы физических величин. Москва: Атомиздат, 1976. 1008 с.

УДК 004.942+004.932, 612.821.2, 616.894-053.8

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПО ОБРАБОТКЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Дмитриева П.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
dmitrievapm@student.bmstu.ru
Константинова З.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
konstantinovaza@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Дмитриев А.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Наиболее распространенной причиной деменции у пожилых людей является болезнь Альцгеймера (БА). По прогнозам, к 2030 году число заболевших может достичь 65,7 млн человек, а к 2050 — 115,4 млн. Заболевание сопровождается прогрессирующей атрофией головного мозга (ГМ), включая истончение коры и расширение желудочков [1]. Характерными молекулярными маркерами БА являются нейрофибриллярные клубки из гиперфосфорилированного тау-белка и амилоидные бляшки, формирующиеся вне клеток, которые в норме выводятся глимфатической системой ГМ [2]. Патогенез БА также связан со снижением перфузии в височных и теменных долях ГМ.

Метод ASL (Arterial Spin Labeling) позволяет визуализировать перфузию ГМ с использованием маркированной артериальной крови. Это неинвазивный способ исследования мозгового кровотока, применяемый для выявления ранних признаков БА. Рассчитанная в рамках работы средняя перфузия ГМ пациента совпала с физиологическими значениями, анализ объемной средней карты дал результат 52 мл/100г/мин. Для анализа МРТ-данных

применялось программное обеспечение ASL Toolbox, работающее в среде MATLAB R2024a, а также пакеты Brainstorm и CAT12. В рамках работы производился анализ изображений правой наружной сонной артерии с последующим построением её 3D-модели длиной 39 мм. Использовалось ПО ITK-SNAP для сегментации в отдельных срезах с последующим выделением определенных анатомических структур ГМ. Выполнялась также реконструкция поверхности головы с наложением координат маркеров ЭЭГ. Для оценки изменения перфузии ГМ в мониторном режиме крайне затруднительно использовать МРТ обследование, поэтому было проведено экспериментальное исследование с помощью реокардиомонитора. Производилась регистрации реоэнцефалографического сигнала, связанного с кровенаполнением лобных отделов ГМ. Изменения пульсового импеданса анализировались для различных конфигураций электродов и на основе математической модели происходила идентификация параметров изменения удельного сопротивления тканей окружающих ГМ. Таким образом возможно на основе анализа МР-изображений с помощью метода ASL оценивать кровоток и пересчитывая его из реографического сигнала мониторировать перфузию ГМ. Показано, что комплексное использование ASL, MATLAB, ITK-SNAP и Brainstorm позволяет потенциально выявлять маркеры БА без специализированного ПО с целью скринингового анализа. Планируется расширение исследований для анализа сегментации позвоночных и внутренних сонных артерий, а также моделирование циркуляции цереброспинальной жидкости.

Список литературы

1. Risacher S., Saykin A., Wes J., Shen L., Firpi H., McDonald B. Baseline MRI Predictors of Conversion from MCI to Probable AD in the ADNI Cohort. // Current Alzheimer Research. 2009. №6 (4). Pp. 347–361.
2. Xie L., Kang H., Xu Q., Chen M.J., Liao Y., Thiyagarajan M., O'Donnell J., Christensen D.J., Nicholson C., Iliff J.J., Takano T., Deane R., Nedergaard M. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain // Science. 2013. V. 342. № 6156. Pp. 373–377. DOI: 10.1126/science.1241224.

УДК 615.47

РАЗРАБОТКА АЛГЕЗИМЕТРА НА ОСНОВЕ НОЦИЦЕПТИВНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ АНЕСТЕЗИИ

Константинова О.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
Konstantinovaok@student.bmstu.ru
Филиппова Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
Filippovada@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Дмитриев А.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
Научный консультант: Лужнов П.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

По данным статистической службы Европейского союза, предполагаемое ежегодное количество крупных хирургических операций в Европе составляет до 240 на 100 000 человек. В Российской федерации предполагаемое число продолжительных хирургических операций в год составляет 12 миллионов [1].

Контроль глубины анестезии во время операции – обязательная процедура, так как несвоевременное и незамеченное пробуждение пациента повышает риск периоперационных осложнений. Одной из самых распространенных причин смертности в периоперационный период являются осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы, вызванные

недостаточной дозировкой компонентов общей анестезии, тогда как избыточная дозировка приводит к токсическим поражениям нервной системы.

Наиболее распространенными методами контроля являются мониторинг биспектрального индекса, окулярного микротремора, метод вызванных потенциалов и пупиллометрия. Мониторинг окулярного микротремора и пупиллометрия требуют доступа к глазам пациента в течение операции, что приводит к ряду ограничений и дополнительных мероприятий, таких как аналгезия склеры. Преимущество метода ноцицептивных вызванных потенциалов (НВП) состоит в более точной оценке конкретного физиологического ответа на болевое воздействие, тогда как биспектральный индекс больше подходит для мониторинга гипнотического компонента анестезии.

В качестве метода контроля глубины анестезии предлагается оценка параметров НВП, вызываемых с помощью блока стимуляции.

Блок стимуляции воздействует немиелинизированные А-δ-волокна малого диаметра и немиелинизированные С-волокна. Для создания высокой плотности тока между двумя стимулирующими электродами и селективной стимуляции определенного типа нервного волокна используется биполярная стимуляция. Ток, подаваемый первым электродом, возвращается непосредственно ко второму электроду, что уменьшает глубину зондирования и минимизирует воздействие на окружающие ткани [2].

Подача болевых и неболевых стимулов обусловлена необходимостью исключения составляющих соматосенсорных вызванных потенциалов из анализа ноцицептивных вызванных потенциалов. При обработке сигнала компоненты, возникающие после неболевых стимулов, вычитаются из компонент, возникающих в связи с подачей болевых стимулов.

Питание устройства будет производиться при помощи USB (при помощи литий-ионного аккумулятора), что обеспечит мобильность алгезиметра и блока стимуляции.

В программе COMSOL Multiphysics было проведено моделирование распределения плотности тока в области стимулируемого нерва. По результатам моделирования определен диапазон параметров стимуляции, обеспечивающий надежное возбуждение и соответствующий физиологически безопасным пределам: для болевых стимулов- 15..30 мА, для неболевых - 7..10 мА.

Методика проведения экспериментального исследования включает в себя установку стимулирующих электродов над срединным нервом пациента, подачу стимулов, состоящих из трех импульсов длительностью 1 мс с периодом 3 мс. Перерыв между стимулами составляет 5 с. 50% стимулов являются болевыми, 50% - неболевыми. Сила воздействующего тока подбирается с учетом индивидуальных параметров пациента.

Блок регистрации включает в себя измерительные электроды ЭЭГ (C3, C4, Cz, Pz), электрод заземления (Fpz) и референтный электрод (Fz). Выбор расположения измерительных электродов на поверхности скальпа обусловлен близостью к основным болевым центрам коры головного мозга: передней поясной коре, соматической чувствительной коре[3]. После частотной фильтрации сигнала происходит его обработка по методу когерентного усреднения, что позволяет выделить НВП среди прочих составляющих ЭЭГ.

Этапы обработки сигнала в MatlabR2020b включают в себя: когерентное усреднение, фильтрацию сигнала, уменьшающую вклад альфа-ритма. Отдельно обрабатываются вызванные потенциалы после болевых и неболевых стимулов.

В результате разработана схема биотехнической системы алгезиметра на основе ноцицептивных вызванных потенциалов, проведено моделирование распределения плотности токов и определены безопасные параметры стимуляции: Iб – 15..30 мА, Iн – 7-10 мА. Проведена обработка результатов экспериментального исследования, в результате которой продемонстрированы фильтрация α-ритма и отличие болевых и неболевых ВП.

В перспективе планируется обработка массива результатов экспериментального исследования и создание базы данных значений латентности и амплитуды НВП в зависимости от стадии анестезии.

Список литературы
1. Число проведенных операций по субъектам Российской федерации в 2019, 2020, 2022 г. по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: https://statprivat.ru/zdo?r=8. (Дата обращения 15.03.25)
2. Inui K, Kakigi R. Pain perception in humans: useofintraepidermal electrical stimulation. // J Neurol Neurosurg Psychiatry. DOI:10.1136/jnnp-2011-301484.
3. John G. Webster, Amit J. Nimunkar Medical Instrumentation: Application and Design / 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. 500 p.

УДК 62-529

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ ПЕРЧАТКИ НА ОСНОВЕ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ И ИНЕРЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ.

Маликова А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
mar21l375@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Брико А.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
briko@bmstu.ru

Анализ кинематических и динамических характеристик движений рук является важным аспектом в различных областях науки и техники. Точное измерение и интерпретация движений рук имеют особое значение при разработке эффективных систем мониторинга двигательной активности. [1] Такие системы находят применение в диагностике и реабилитации пациентов, в управлении роботизированными манипуляторами, а также в взаимодействии с виртуальными объектами. Современные методы копирующей регистрации движений кисти можно разделить на две основные категории: системы на основе камер и сенсорные перчатки. [2]

Проведён анализ особенностей применения сенсорных перчаток, представленных на коммерческом рынке. [3] В результате изучения образцов «умных» перчаток выделены ключевые параметры разработанного устройства, а именно: тип используемых датчиков – механические и инерционные; разрядность аналого-цифрового преобразователя – не менее 12 бит; общее количество датчиков – не менее 7, интерфейс передачи данных Bluetooth.

В рамках апробации конструкции перчатки проведено исследование оптимальных положений тензодатчиков изгиба для повышения точности считываемых данных. В ходе экспериментов оценивалась точность фиксации углов сгибания пальцев при различных вариантах размещения датчиков, анализировалась стабильность сигнала, а также выявлялись возможные источники погрешностей. Испытуемый выполнял контролируемые движения указательным пальцем в соответствии с установленным протоколом.

Были исследованы четыре конфигурации размещения сенсоров. Наиболее точные результаты были получены при расположении сенсора вдоль оси пальца с центральным позиционированием над суставом. В данной конфигурации зафиксированы минимальные погрешности, высокая повторяемость измерений и устойчивость к внешним механическим воздействиям.

Таким образом, в ходе работы исследованы параметры кисти, проведено исследование проблематики использования бионических перчаток доступных на коммерческом рынке, изучено оптимальное размещение тензодатчиков изгиба в сенсорной перчатке для повышения точности измерения углов сгибания пальцев. Кроме того, разработано устройство, способное определять тип и параметры движений кисти на основе использования тензорезистивных датчиков изгиба и давления, а также акселерометра и гироскопа.

Разработанная сенсорная перчатка позволяет определять: угол сгибания каждого пальца, силу нажатия указательного пальца, скорость и ускорение вращения кисти, угол её наклона, а также пять типов захвата. В дальнейшем планируется реализация управления манипулятором с использованием сенсорной перчатки и внедрение обратной тактильной связи.

Список литературы

1. Kortier H., Sluiter V., Roetenberg D., Veltink P. Assessment of Hand Kinematics Using Inertial and Magnetic Sensors. // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2014. V. 11. № 1. DOI: https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-70.
2. De Pasquale G. Glove-Based Systems for Medical Applications: Review of Recent Advancements. // Journal of Textile Engineering & Fashion Technology. 2018. V. 4. № 3. DOI: https://doi.org/10.15406/jteft.2018.04.00153
3. AcceleGlove: The future of motion at your fingertips - CSMonitor.com. URL: https://www.csmonitor.com/Technology/Tech/2009/0616/acceleglove-the-future-of-motion-at-your-fingertips. (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 616-71

РАЗРАБОТКА БТС ДЛЯ ЭЭГ-ИССЛЕДОВАНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Моисеева М.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
moiseevami@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Лужнов П.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Автоматизация обработки ЭЭГ-записей позволит увеличить скорость диагностики [1] и получить количественную оценку степени синхронности между различными участками мозга.

Электрическая схема разработанной 16-канальной БТС состоит из двух мультиплексированных аналого-цифровых преобразователей ADS1298, связанных с помощью SPI-интерфейса, микроконтроллера (МК) и внешнего источника тактовых импульсов.

С МК сигнал поступает в персональный компьютер (ПК) с установленным программным обеспечением (ПО), способным дифференцировать возраст: взрослый (старше 14 лет) или ребёнок (3-4 года), а также физиологическое состояние: бодрствование или сон, причём у взрослых в различных стадиях.

Метод дифференциации основан на расчёте относительных мощностей каждого ЭЭГ-ритма, к основным характеристикам которых относятся частота и амплитуда [2]. Для вычислений необходимо построить спектр, просуммировать мощности в частотных диапазонах каждого ритма и поделить на суммарную мощность.

Для реализации программы дифференциальной диагностики были исследованы сигналы из базы записей ЭЭГ [3], а именно были выполнены следующие этапы:

1. Разбиение сигнала на интервалы заданной длительности;
2. Проведение спектрального анализа с помощью БПФ;
3. Расчёт средних относительных мощностей для каждого из возрастов и состояний. Результат работы программы – матрица со значениями относительных мощностей в каждой группе отведений по вертикали и для каждого ритма по горизонтали;
4. Расчёт диапазонов относительных мощностей по правилу 2-х сигм для каждого ритма и группы отведений;

5. Расчет относительных мощностей исследуемого сигнала. Результат работы программы аналогичен п. 3;
6. Поэлементное сопоставление данных, полученных в п. 5 и рассчитанных в п. 4. Результат работы программы – вывод возраста и физиологического состояния на экран ПК;
7. Проведение корреляционного анализа между отведениями для выявления отклонений.

Результатом работы является ПО, которое разбивает сигнал на интервалы заданной длительности, осуществляет спектральный и корреляционный анализ, определяет возраст и физиологическое состояние пациента.

К ключевым особенностям разработанной БТС относятся: увеличение скорости чтения ЭЭГ-записей врачом с помощью автоматизации обработки данных; автоматическое определение стадий сна в длительных записях; Численная оценка синхронности между областями мозга, которую сложно произвести при визуальном анализе; оценка биологического возраста мозга – отклонения от нормы могут указывать на задержки в развитии или, наоборот, на ускоренное старение, а также на наличие патологии.

Список литературы

1. Halford J.J., Shalker R.J., Abou-Khalil L.S., et al. Interrater agreement on identification of electrographic seizures in critically ill children // Epilepsia. 2015. V. 126. № 9. Pp. 1661-1669.
2. Герасимова Е.В., Хазипов Р.Н., Ситдикова Г.Ф. Физиология нервной системы: учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2012. 43 с.
3. Митрофанов А.А. // Кафедра высшей нервной деятельности МГУ им. М.В. Ломоносова: официальный сайт. URL: https://neurobiology.ru/doc/index.php?ID=83 (Дата обращения 27.02.2025).

УДК 004.942+0.032.26, 612.8

ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЭГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАНТОМОВ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ

Тулупова К.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
prokhorovaka@student.bmstu.ru
Хуснутдинова Н.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
khusnutdinovanr@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Дмитриев А.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — это неинвазивный метод регистрации электрической активности головного мозга (ГМ), который применяется в задачах диагностики неврологических заболеваний и оценке когнитивных функций [1]. Основными признаками ЭЭГ-сигнала являются амплитуда и частота. Абсолютная амплитуда имеет малое диагностическое значение, например, из-за вариабельности электрофизических свойств ГМ и окружающих тканей. Тем не менее, амплитуда ЭЭГ-ритмов в многоканальных записях может служить источником дополнительной информации о пространственной локализации источников нейронной активности, что делает возможным переход от параметров сигнала – амплитуды, к биофизическим характеристикам - координатам диполя, посредством решения обратной задачи (ОЗ) ЭЭГ. В нашей работе рассмотрены способы решения ОЗ с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) – многослойного перцептрона и сверточной нейронной сети (СНС) [2].

Для создания базы данных, необходимой для решения ОЗ ЭЭГ, нами была решена прямая задача с применением трехслойной сферической модели головного мозга в среде COMSOL Multiphysics. Расположение электродов модели соответствовало международной системе «10-20». Дипольный источник моделировался в сферической системе координат с помощью угла элевации θ, азимута ψ и радиуса r. Вариация этих параметров позволила получить распределение потенциалов, согласующееся с физиологической областью генерации компонента P300.

Для решения ОЗ был реализован многослойный перцептрон, включающий два скрытых слоя с 30 и 40 нейронами соответственно [3]. Для 1-го слоя перцептрона была применена активационная функция «logsig», для 2-го – «tansig». Данные полученные в среде COMSOL были разбиты на группы «Обучение» и «Тестирование». Массив данных входного слоя перцептрона, содержал значение потенциалов с электродов, а выходного слоя – координаты диполя. Эффективность функционирования ИНС оценивалась с помощью визуализации распределения получившихся координат источника и расстоянием между координатами источника электрической активности, получаемых на выходном слое ИНС, и данных группы «Тестирование». После тестирования с использованием данных полученных при помощи среды COMSOL, мы провели экспериментальное исследование для регистрации компонента P300 с участием добровольца. Экспериментальные данные были использованы как группа «Тестирование». Наблюдалось, что результаты при использовании многослойного персептрона чувствительны к начальным весам и координаты диполя могли выходить за пределы внешнего радиуса сферы модели, средняя погрешность в координатах составила 2 мм.

С целью решения ОЗ ЭЭГ также была разработана архитектура СНС, содержащая 3 сверточных слоя, 3 слоя нормализации, 3 пулинговых слоя и один полносвязный слой на выходе нейронной сети. В качестве функции активации была использована функция ReLU. По результатам математического моделирования, были построены изображения распределения потенциала на плоской поверхности: в соответствии с положениями измерительных электродов согласно системе «10-20%» данные в каждой точке измерения переносились на плоскую систему координат. В результате был получен массив изображений с разрешением 80x60, который был подан на вход СНС. Средняя ошибка определения положения источника после обучения составила около 1 см.

Следующим этапом была обработка экспериментальных данных. СНС определила часть источников электрической активности на глубине 3 см. При подаче экспериментальных данных точность определения координат с использованием ИНС снижается, поскольку, как и в случае с многослойным персептроном, некоторые источники определялись за пределами модели.

Экспериментальные данные имеют много параметров, влияющих на ЭЭГ-сигнал, например, удельное сопротивление слоев и их геометрические размеры. Физическое моделирование обеспечивает контроль положения источника электрической активности и позволяет уменьшить неопределенность, связанную с параметрами слоев ГМ.

Нами были изготовлены 2 фантома ГМ на основе желатина. По результатам измерения распределения потенциалов на поверхности 1-ой модели было получено распределение потенциала сопоставимое с математическим моделированием в среде COMSOL. Наименьшие расхождения были зафиксированы при моделировании источника двумя униполями. Следующим этапом было изготовление 2-го фантома, представляющего собой сферу, на поверхности которой были зарегистрированы синусоидальные сигналы. Полученные результаты показывают возможность, контролируя положение источника и амплитудно-временные характеристики сигнала, регистрировать электрические сигналы, симулирующие ЭЭГ-сигналы. Следовательно, использование фантома позволит совершить переход к решению ОЗ ЭЭГ.

Проведенные тестирования работы ИНС на экспериментальных данных выдавали большие погрешности. В связи с этим мы оценили возможность использования фантомов ГМ на основе желатина для регистрации ЭЭГ-сигнала. Данный подход в последствии будет применен для решения ОЗ ЭЭГ.

Список литературы

1. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). Москва : МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
2. Hecker L., Rupprecht R., Tebartz Van Elst L., Kornmeier J. ConvDip: A Convolutional Neural Network for Better EEG Source Imaging. Front Neurosci. 2021. № 15. DOI: 10.3389/fnins.2021.569918.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / 2-е издание., пер. с англ. Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестова. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.

УДК 617.57-77

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ СХВАТА И РОТАЦИИ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Ягодкина А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
yagodkinaaa@student.bmstu.ru
Яким М.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
yakimmyu@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кобелев А.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

В мире на каждые 10 000 человек приходится 15 инвалидов с ампутацией. Количество ежегодных операций по ампутации конечностей в России составляет от 30 до 40 тысяч. Несмотря на то, что доля ампутаций верхних конечностей составляет всего 10 % от общего числа ампутаций, потеря верхней конечности является социально более значимой для человека, чем потеря нижней [1].

Статистика показывает, что инвалиды с потерей верхних конечностей отдают предпочтение неинвазивным методам управления протезом. Причем в первую очередь при выборе протеза пользователи обращают внимание не на улучшенные возможности и тактильные ощущения, а на такие характеристики, как: вес, стоимость, прочность, простота использования и время обучения, однако ключевым фактором все же является надежное выполнение двух основных функций протеза – хватательной и вращательной [2].

На сегодняшний день использование электромиографических (ЭМГ) сигналов стало традиционным подходом к управлению протезами предплечья. Однако данный метод имеет существенный недостаток – сигналы ЭМГ отражают только факт наличия мышечного сокращения, но не дают представления о биомеханических параметрах и движении самой мышцы в процессе сокращения.

Движения конечностей у здоровых добровольцев могут быть обнаружены при помощи электроимпедансной миографии (ЭИМ). Совместная регистрация сигналов ЭИМ и ЭМГ с одной электродной системы при сгибании запястья показала, что ЭМГ сигнал отражает процесс активации мышцы, а сигнал электрического импеданса (ЭИ) – процесс утолщения и движения самой мышцы при сокращении [3].

Подробных исследований обработки сигналов двухканальных систем биоимпеданса для классификации жестов и степени сокращения мышц на данный момент не существует. В данной работе будет предложен алгоритм обработки сигналов биоимпеданса, с целью определения степени сокращения мышц во время схвата и ротации.

Для регистрации сигнала ЭИ в работе использовалась двухканальная система измерения импеданса с частотой дискретизации выходного сигнала 1 кГц, током зондирования 5 мА и частотой 100 кГц. Тетраполярные электродные системы размещались на мышцах-антагонистах предплечья, отвечающих за схват и ротацию кисти.

На первом этапе обработки сигнала производилась его предварительная фильтрация, подразумевающая устранение резких скачков в исходном сигнале. Для этой цели в рассматриваемой работе был использован метод экспоненциального усреднения. Весовой коэффициент α был эмпирически подобран 1/32.

Следующий этап обработки был направлен на обнаружение линейных переходов в сигнале, который осуществлялся при помощи фильтрации на основе линии задержки (свертка во временной области). Количество коэффициентов фильтра выбиралось исходя из времени самого быстрого переходного процесса (в данном случае 1 с) и равнялось 61.

Затем для упрощения дальнейшего анализа аналоговый сигнал был преобразован в сигнал широтно-импульсной модуляции. Данное преобразование заключалось в двоичном кодировании значений, которое выполнялось на основе превышения заранее определенного порогового значения. Пороговые значения выбирались эмпирически: 0,003 Ом и – 0,003 Ом верхний и нижний порог, соответственно.

В результате работы алгоритма было получено два сигнала широтно-импульсной модуляции, кодирующих два типа движения. Для движения типа схват/раскрытие классификация выглядит следующим образом: если на канале разгибательной мышцы значение сигнала равно 1, а на канале сгибательной мышцы -1, то этот жест интерпретируется как схват; в случае раскрытия ситуация прямо противоположная: -1 на разгибателе и 1 на сгибателе, соответственно. Движения типа вращение классифицируется по такому принципу: если сигнал на обоих каналах принимает значение 1, это сигнализирует о вращении кисти внутрь, если -1, то о вращении наружу.

Поскольку сигнал импеданса позволяет не только обнаружить факт сокращения, но и оценить степень сокращения мышцы, то после интерпретации жеста можно определить процент его выполнения. Для этого алгоритм в реальном времени сравнивает текущее значение сигнала с его максимальным значением и нормирует его в диапазон от 0 до 1, тем самым учитывая процент выполненного действия от максимума.

Таким образом, разработанный алгоритм, основанный на двух тетраполярных биоимпедансных каналах, позволяет реализовать управление протезом предплечья в реальном времени. Основным преимуществом данного алгоритма является возможность оценки степени раскрытия и вращения. Данный подход может быть использован и для других человеко-компьютерных или мышечно-машинных интерфейсов.

Список литературы

1. Behrend C. et al. Update on Advances in Upper Extremity Prosthetics // The Journal of Hand Surgery. 2011. V. 36. № 10. Pp. 1711–1717.
2. Engdahl S.M. et al. Surveying the interest of individuals with upper limb loss in novel prosthetic control techniques // J NeuroEngineering Rehabil. 2015. V. 12. № 1. DOI: https://doi.org/10.1186/s12984-015-0044-2.
3. Kusche R., Ryschka M. Combining Bioimpedance and EMG Measurements for Reliable Muscle Contraction Detection // IEEE Sensors J. 2019. V. 19. № 23. Pp. 11687–11696.

СЕКЦИЯ «МЕНЕДЖМЕНТ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО В СФЕРЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ»

УДК 575

ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЕНОМНЫХ МОДИФИКАЦИЙ

Бабенко А.А., студент
РНИМУ им. Н.И. Пирогова, факультет «Педиатрический»
annababenko381@gmail.com
Научный руководитель: Часовских Г.А., ст. преподаватель
РНИМУ им. Н.И. Пирогова,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинские технологии»

Благодаря технологическому прогрессу и совершенствованию методов управления и регулирования допустимого использования, возможность вмешательства в геном человека с помощью инженерии зародышевой линии человека (HGE) становится ближе, чем когда-либо. Диапазон применения HGE может варьироваться от предотвращения передачи генетических вариантов, связанных с тяжёлыми генетическими заболеваниями, до генетических улучшений. Допустимость HGE часто рассматривается с точки зрения возможного применения. При этом терапевтическое применение обычно считается более приемлемым, чем нетерапевтическое (включая улучшение человека) [1].

Вмешательства в геномную инженерию ставят под сомнение определённые биологические и моральные взгляды людей, в том числе представления о ценности генома человека, о человеческом достоинстве, об информированном согласии, об инвалидности, а также о равенстве и справедливости в обществе.

По сравнению с аналогичными технологиями редактирования генома (например, ZFN и TALEN), CRISPR/Cas9 считается многими революционным инструментом благодаря своей эффективности и низкой стоимости. После проведения исследования CRISPR/Cas9 в 2015 году, специалисты рекомендовали с большей осторожностью использовать методы редактирования генома для наследственных вмешательств у людей, и предлагали добровольный мораторий на клиническое применение CRISPR/Cas9 в зародышевых клетках до тех пор, пока не будет достигнуто широкое общественное понимание и консенсус по поводу их использования из-за возможности необратимых наследуемых изменений в геноме человека и их последствий как для отдельных людей, так и для будущих поколений. Поскольку вмешательство в зародышевую линию может существенно изменить условия жизни человека, существует необходимость в широких и всеобъемлющих общественных дебатах по этой теме [2].

Генная инженерия и ИИ открыли новую эру возможностей в биотехнологиях и персонализированной медицине. ИИ способствует прогнозированию и оптимизации методов редактирования генома, таких как CRISPR/Cas9. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать крупномасштабные наборы данных о генетических последовательностях, которые затем можно использовать для разработки более точных и эффективных технологий редактирования генома, прогнозируя вероятные побочные эффекты. ИИ быстро находит применение в медицинской отрасли, помогая повысить успешность процедур экстракорпорального оплодотворения. В генетике ИИ означает использование сложных вычислительных методов для анализа и интерпретации генетических данных. Эта междисциплинарная область использует ИИ для расшифровки генетических данных и позволяет учёным и медицинским работникам лучше понимать сложные функции генома. Создавая алгоритмы, которые наилучшим образом представляют набор данных, машинное обучение фокусируется на компоненте ИИ, связанном с обучением. Машинное обучение использует подмножества данных для создания алгоритмов, которые могут использовать

инновационные или нетрадиционные комбинации признаков и весовых коэффициентов, которые нельзя вывести из первых принципов, в отличие от классического программирования, в котором алгоритм может быть явно реализован с использованием известных признаков [3].

В последнее время использование прецизионной медицины получило широкую поддержку. Чтобы максимально индивидуализировать терапию, она ориентируется на конкретного пациента, принимая во внимание генетические, биомаркерные, фенотипические или психологические аспекты. Интерпретация геномных данных ускорилась благодаря методам, основанным на искусственном интеллекте, что позволяет ставить более точные диагнозы и разрабатывать индивидуальные схемы лечения для людей с генетическими заболеваниями.

Обеспечение равного доступа к этим технологиям для разных групп населения и решение этических проблем, связанных с конфиденциальностью и безопасностью данных, — вот некоторые из задач, которые ставит перед нами интеграция ИИ в генетику.

Генетика на основе искусственного интеллекта может изменить здравоохранение, предлагая более целенаправленные, эффективные и индивидуальные методы лечения и профилактики заболеваний при условии тщательного рассмотрения этических, юридических и социальных последствий.

Список литературы

1. Mara A., Ranisch R. Beyond safety: mapping the ethical debate on heritable genome editing interventions. // Humanities and Social Sciences Communications. 2022. V. 9. №139. DOI: 10.1057/s41599-022-01147-y.
2. Brokowski C. Do CRISPR Germline Ethics Statements Cut It? // The CRISPR Journal. 2018. V. 1. № 2. pp.115-125. DOI: 10.1089/crispr.2017.0024.
3. Peiffer-Smadja N., Dellière S., Rodriguez C., Birgand G., Lescure FX, Fourati S., Ruppé E. Machine learning in the clinical microbiology laboratory: has the time come for routine practice? // Clinical Microbiology and Infection. 2020. V. 26. №10. pp.1300-1309. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.02.006.

УДК 338.23

АНАЛИЗ БАРЬЕРОВ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕКУЩЕЙ КОНФИГУРАЦИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РОССИИ.

Попов А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
sanchopanzerkampfwagen@mail.ru
Научный руководитель: Колясников М.С., к.э.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»,

Актуальность исследования барьеров развития индустрии медицинских технологий в России определяется растущими потребностями населения в доступе к современным высокотехнологичным услугам и стремлением обеспечить технологическую независимость отечественного здравоохранения. Совокупность государственных и частных механизмов финансирования формирует не только рыночный спрос, но и инвестиционный климат для производителей медицинского оборудования и расходных материалов. В данном исследовании проводится системный анализ конфигурации финансовых потоков, выявляются основные препятствия внедрению инноваций и разрабатываются практические рекомендации по оптимизации существующих инструментов поддержки отрасли.

Современная структура финансирования здравоохранения включает несколько источников. Государственные расходы в 2024 году составили около 3,4 % ВВП (примерно 6,7

трлн руб.) и реализуются через федеральный и региональные бюджеты, в том числе нацпроекты и адресные субсидии. Система обязательного медицинского страхования, формируемая страховыми взносами в размере около 5,1 % от фонда оплаты труда и дополнительными дотациями из бюджета, обеспечивает свыше 4,3 трлн руб. частично программного финансирования [1]. Доля добровольного медицинского страхования и платных услуг составляет порядка 1,6 трлн руб., а прямые доплаты пациентов за препараты и сервисы формируют дополнительный канал, хотя и усиливают социальное неравенство в доступе к технологиям.

Географические диспропорции в распределении ресурсов представляют собой значимый барьер. Финансирование Москвы превышает показатели Санкт-Петербурга почти в три раза и многократно опережает возможности отдалённых регионов, где бюджет на здравоохранение может уступать столичным объёмам более чем в десять раз. Отсутствие специализированных испытательных комплексов и центров внедрения в большинстве субъектов Федерации затрудняет апробацию инновационных разработок, что замедляет их выход на рынок и снижает заинтересованность производителей в локализации производства вне мегаполисов. Недостаточная развитость региональной инфраструктуры сказывается и на кадровом обеспечении: концентрация узкопрофильных специалистов в крупных научных центрах приводит к дефициту инженерных, клинических и сервисных команд в провинции [2]. Существующие механизмы стимулирования — надбавки к зарплатам, гранты и конкурсные программы — не обеспечивают устойчивого притока кадров, поскольку зачастую не компенсируют разницу в уровне жизни и профессиональных возможностей, что усиливает миграцию специалистов в столичные учреждения.

Нарушения эффективности использования имеющихся средств проявляются в увеличении сроков госпитализации без клинической необходимости, избыточном применении устаревшего оборудования и невысоком уровне цифровизации процессов [3]. Отсутствие жёсткого контроля за соблюдением рекомендованных стандартов и недостаточная прозрачность закупок создают риски перерасхода бюджетных средств и снижают мотивацию к внедрению передовых технологий. Финансирование научно-исследовательской деятельности остаётся на низком уровне, особенно вне крупного академического ядра. В регионах и расходы на НИОКР зачастую ограничиваются проектами прикладного характера без перспектив системной коммерциализации. Недостаток инвестиций и возможность долгосрочной поддержки исследовательских групп способствуют утечке кадров за рубеж и снижению интереса молодёжи к инженерно-технической и медицинской науке. Отсутствие развитого венчурного рынка и ограниченные каналы частно-государственного партнёрства снижают привлекательность инвестиций в долгосрочные проекты. Длительные циклы разработки, высокая доля неудач и неопределённость сроков выхода на коммерческий уровень требуют создания механизмов совместного финансирования, где государство выступает соинвестором, а частные фонды — операторами проектов с разделением рисков. Зависимость от импортных комплектующих и программного обеспечения удлиняет цепочки поставок и увеличивает издержки при производстве. Стимулирование локализации посредством льготных кредитов, субсидий на сертификацию и налоговых преференций для производителей комплектующих позволит снизить себестоимость и повысить устойчивость цепочек создания добавленной стоимости.

Преодоление стереотипов относительно качества отечественной медицинской техники требует активного взаимодействия с медицинским сообществом, расширения программ апробаций, публичного представления результатов клинических и экономических исследований. Гарантийные обязательства производителей и налоговые льготы для покупателей создадут дополнительные стимулы для перехода учреждений на российские решения. Комплексное внедрение перечисленных мер должно опираться на разработку стратегической дорожной карты, объединяющей государственные органы, научно-образовательные учреждения и частный сектор. При этом особое внимание следует уделить

гармонизации механизмов финансирования, прозрачности процедур закупок и мониторингу эффективности применения технологий. Только интегрированный подход, сочетающий администрирование, финансовые инструменты и развитие кадрового потенциала, позволит обеспечить устойчивый рост и конкурентоспособность отечественной индустрии медицинских технологий.

Список литературы

1. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 / Министерство финансов Российской Федерации. URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNiTTP__2025_2027.pdf (Дата обращения 03.03.2025).
2. Jung S.Y., Lee K., Lee H.Y., Hwang H. Barriers and facilitators to implementation of nationwide electronic health records in the Russian Far East: A qualitative analysis. // International Journal Medical Informatics. 2020. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104244.
3. Shishkin S., Zasimova L. Adopting new medical technologies in Russian hospitals: what causes inefficiency? (qualitative study). // Health Economics, Policy and Law. 2018. № 13 (1). Pp.33-49. DOI:10.1017/S1744133116000347.

УДК 616-8:004.8

ДИАЛОГОВЫЕ АГЕНТЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ДЕПРЕССИИ

Симис Д.А., студент
РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Институт материнства и детства
psy.simis@mail.ru
Научный руководитель: Часовских Г.А., ст. преподаватель, аспирант
НИУ Высшая школа экономики, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Институт мировой медицины

Депрессия остается одним из самых распространенных психических расстройств, затрагивая, по оценкам ВОЗ, около 280 миллионов человек по всему миру [1]. Доступ к традиционной психотерапии ограничен из-за нехватки специалистов, стигматизации и роста потребности в помощи после пандемии COVID-19 [2]. В этих условиях растет интерес к использованию цифровых технологий, таких как чат-боты, для поддержки психического здоровья. Они потенциально способны выполнять диагностические, терапевтические и образовательные функции, облегчая доступ к помощи.

Мы провели предварительный анализ литературы, чтобы оценить, насколько эффективно могут использоваться чат-боты на основе искусственного интеллекта в работе с депрессией. Мы проанализировали 180 статей из базы данных Google Scholar, и оказалось, что метааналитических исследований на данную тему крайне мало (нами обнаружено 10 в открытом доступе), и среди них лишь единичные действительно соответствуют критериям систематического обзора. Даже в качественно проведённых обзорах зачастую отсутствует независимая оценка эффективности самих чат-ботов [3]. Кроме того, исследования на русском языке отсутствуют в таких метаанализах, а подобных русскоязычных обзоров нам найти не удалось.

Так же был проведен анализ исследований самих чат-ботов. Поисковый запрос включал два основных элемента: «термины, связанные с депрессией» и «термины, связанные с чат-ботом», поиск проводился на русском и английском языках в базе данных Google Scholar. На русском была просмотрена 321 статья, из которых 3 соответствовали критериям отбора и были включены в анализ. На английском было просмотрено 94 статьи, из которых 21 соответствовала критериям отбора и была включены в анализ. В результате мы пришли к выводам, что оценки эффективности в таких исследованиях далеко не всегда обоснованы:

были выявлены методологические недочеты, включая использование малых выборок (менее 30 участников), отсутствие репрезентативности (например, гендерно однородные группы), а также краткосрочность большинства исследований (не более 14 дней). В ряде случаев чат-боты применялись для работы с сопутствующими состояниями, такими как стресс, тревожность или подавленность, а не с клинической депрессией - отбор участников не предусматривал предварительную диагностику депрессии, однако авторами делались выводы, будто эти чат-боты эффективны именно в работе с данным заболеванием.

На основе нашего анализа мы разработали собственные критерии оценки и отбора исследований, включающие характеристики чат-бота, целевую аудиторию, методы измерения эффективности и ряд других параметров. Следующим этапом станет проведение расширенного систематического обзора, включающего англоязычные и русскоязычные источники.

Список литературы

1. Депрессивное расстройство (депрессия). https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/depression. (Дата обращения 05.05.2025).
2. Фершт В.М., Латкин А.П., Иванова В.Н. Современные подходы к использованию искусственного интеллекта в медицине // Территория новых возможностей. 2020. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-ispolzovaniyu-iskusstvennogo-intellekta-v-meditsine. (Дата обращения 05.05.2025).
3. Ahmed A., Hassan A., Aziz S. et al. Chatbot features for anxiety and depression: A scoping review. // Health Informatics Journal. 2023. № 29 (1). DOI:10.1177/14604582221146719.

УДК: 339.13

АНАЛИЗ ПЕРВИЧНЫХ УСЛОВИЙ КОММЕРЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ (НА ПРИМЕРЕ ГАСТРОСКОПА)

Филатова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
filatova.01@list.ru
Научный руководитель: Колясников М.С., к.э.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Одним из основных следствий усиливающейся геоэкономической фрагментации является расширение протекционистских мер [1]. Данное обстоятельство приводит к разрыву цепочек поставок и повышению потребностей отдельных государств к освоению и развитию технологий, ранее приобретаемых на внешних рынках. Сфера медицинской техники в подобных условиях оказывается одной из наиболее чувствительных, таким образом актуализируется проблема разработки отечественных решений [2]. Первоочередными становятся вопросы реалистичности и экономической эффективности проектов по разработке и производству нового оборудования, включающие широкий спектр предварительных аналитических мероприятий. В данном исследовании на примере проекта по разработке гастроскопа представлен и апробирован подход к первичному анализу его коммерческой привлекательности.

На первом этапе по результатам проведения глубинных полу-структурированных интервью с руководителями и специалистами крупных российских торговых компаний – поставщиков медицинской техники выявлены основные производители оборудования для гастроскопии, занимающие лидирующее положение на российском и мировом рынках: доминирующие японские производители – Olympus, Pentax, Fujifilm и китайские производители – Sonoscape, Aohua, Comen. Компании предлагают продвинутые модели с

методами узкоспектральной визуализации, высоким разрешением (от HD до 4K), мощными источниками света (ксеноновые 150-300 Вт или LED-источники от 1 до 5 диодов, а также MultiLED источники) и возможностями цифровой обработки полученных изображений. Отдельное внимание уделено единственному отечественному производителю ЛОМО, уступающему по характеристикам флагманским зарубежным моделям. В результате дополнительно проведенного анализа открытых источников, систематизации и структурирования полученной информации выявлены следующие сегменты видеоэндоскопических систем: бюджетный, экспертный и премиальный. Изучены ключевые характеристики устройств каждого сегмента, определены ключевые факторы технологической дифференциации выявленных сегментов: качество визуализации, типы освещения, наличие режимов узкоспектральной визуализации и совместимость с различными типами эндоскопов. Также анализ материалов проведенных интервью позволил выявить ряд барьеров, препятствующих разработке отечественных решений, а также основные проблемы существующих российских разработок.

Выявленные барьеры были валидированы с помощью анализа рецензируемой литературы, что позволило выделить ключевые препятствия для выхода на рынок: патентная защита и интеллектуальная собственность крупных компаний-производителей (Olympus, Pentax и др.); значительные стартовые инвестиции в прототипирование, фундаментальные и прикладные исследования, проведение токсикологических и клинических испытаний, сертификацию по стандартам ISO 13485 и соответствующим регламентам ЕАЭС; дефицит узкопрофильных специалистов и необходимых компонентов для системы, а также насыщенность рынка и предпочтение медицинскими работниками и учреждениями известных, проверенных брендов.

На следующем этапе проведена оценка степени влияния выявленных барьеров на потенциал разработки гастроскопа каждого из определенных ранее классов. В результате проведенного анализа выявлено, что наиболее коммерчески привлекательным является рынок гастроскопов экспертного (среднего) класса. Он обеспечивает баланс между затратами на разработку и высоким спросом среди медучреждений, а также допускает реализацию конкурентных технических решений при умеренных инвестициях. Не критичное совокупное влияние выявленных барьеров на изготовление прибора рассмотренного класса позволяет достигнуть характеристик, соответствующих передовым изделиям экспертного и премиального классов, при этом имея стоимость, сравнимую с бюджетным классом, что, безусловно, является преимуществом.

В результате исследования сформулированы основные направления конкурентных преимуществ для отечественного гастроскопа: интеграция искусственного интеллекта как системы поддержки принятия решений для врачей, использование MultiLED-подсветки для улучшения визуализации, встроенные системы хранения данных (СУБД – система управления базами данных) и универсальная совместимость с разными типами эндоскопов. Проблему запатентованных технологий можно решить либо обходом патентов через создание инновационных решений, либо лицензированием. Это позволит создать продукт, способный конкурировать с зарубежными аналогами, обеспечивая при этом более доступную стоимость и локальную сервисную поддержку.

Выводы: проведённый анализ подтвердил, что наибольшим потенциалом реализации и экономической целесообразности для российского рынка обладает разработка гастроскопа среднего (экспертного) класса. Наличие государственной поддержки и нормативных стимулов, таких как Постановление Правительства № 1875 [3], создают благоприятные условия для успешной реализации проекта. Проект является обоснованным и перспективным, имеет высокий потенциал занять незаполненную российским оборудованием нишу и внести вклад в развитие отечественного медицинского приборостроения.

Список литературы
1. Мальцев А.А., Чичилимов С.В. Укоренение неопротекционизма в мировой экономике XXI века // Мировая экономика и международные отношения. 2025. Т. 69. № 4. С. 5-14. DOI: 10.20542/0131-2227-2025-69-4-5-14.
2. Маслов Г.А., Кутянина М.Ю. Медицина как ключевое направление развития человеческого потенциала в эпоху четвертой промышленной революции // Российский экономический журнал. 2024. № 5. С. 46-61. DOI 10.52210/0130-9757_2024_5_46.
3. О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд, закупок товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: Постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2024 № 1875. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_494318/ (Дата обращения 05.05.2025).

УДК: 616.12

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ФОНОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Штрак А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
shtrakathur@gmail.com
Научный руководитель: Аполлонова И.А., к.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
apollonova-i@yandex.ru

Мир кардиологии стремительно меняется, открывая новые горизонты в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. В условиях массового скрининга и телемедицинского наблюдения необходимы методы, способные быстро и объективно регистрировать и анализировать звуковые явления во время работы сердца. Высокий уровень шумов и индивидуальная вариативность сигналов повышают актуальность цифровой обработки и нейросетевого анализа фонокардиографических данных.

В рамках научно-исследовательской работы была построена автоматизированная система анализа и классификации фонокардиографических сигналов на основе алгоритма ансамблевого обучения — XGBoost (Extreme Gradient Boosting), который представляет собой усовершенствованную версию случайного леса и работает по принципу последовательного построения «слабых» моделей (решающих деревьев), последовательно улучшающих ошибку предыдущих. Для анализа использовались 10-секундные записи из открытой базы фонокардиографических сигналов, содержащей примеры нормальных и патологических сердечных звуков. Аудиосигналы предварительно очищались от шумов с помощью вейвлет-фильтра 6-го порядка (Daubechies 6, db6) с мягким пороговым преобразованием, которое позволяет подавлять шум без искажения значимых компонентов сигнала. Далее выполнялась нормализация сигнала по амплитуде, и производилось извлечение 26 признаков [1].

Извлекались 13 MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) — мел-кепстральных коэффициентов, широко используемых в задачах распознавания речи и аудиосигналов. Эти признаки отражают структуру спектра и хорошо подходят для описания акустических характеристик сердечных тонов. Дополнительно рассчитывались 13 стандартных отклонений MFCC, что позволяло учесть колебания внутри каждого коэффициента и зафиксировать степень их стабильности. Такой набор признаков обеспечивает информативное представление сигнала для последующей классификации. Все признаки масштабировались с помощью z-нормализации (стандартизации), при которой каждый признак приводится к среднему значению 0 и стандартному отклонению 1. Это устраняет влияние амплитудных различий и делает модель менее чувствительной к громкости сигнала [2].

Обучение модели проводилось на сбалансированной синтетической выборке, содержащей примеры нормальных и патологических состояний: гипертензии, открытого артериального протока и тахикардии. Настройка гиперпараметров XGBoost осуществлялась с помощью кросс-валидации и перебора параметров. Достигнута точность (accuracy) и F1-макро = 1.00, что подтверждено матрицей ошибок. Время инференса составило 1.7 секунды, что делает систему пригодной для использования в реальном времени.

Далее выполнялась мультиклассовая классификация фонокардиографических сигналов по четырём категориям: норма, артериальная гипертензия, открытый артериальный проток и тахикардия. Каждый из классов соответствовал определённому типу звучания и спектральной картины, что позволяет модели эффективно выделять патологические отклонения на основе цифровых признаков.

Реализация мультиклассовой классификации позволила повысить чувствительность алгоритма. Генерация синтетических записей обеспечила равномерность классов и устойчивость модели. Разработка продемонстрировала перспективность применения цифрового подхода как в клинической практике, так и в мобильных устройствах.

Планируется обучение на реальных аудиозаписях с ручной разметкой патологий, внедрение «серой зоны» для передачи сомнительных случаев врачу и расширение набора признаков (длительность тонов, вариабельность RR, низкочастотная энергия). Это повысит точность анализа и адаптирует систему для реального клинического применения.

Список литературы

1. Guo L., Davenport S., Peng Y. Deep CardioSound: An Ensembled Deep Learning Model for Heart Sound Multi-Labelling. URL: https://arxiv.org/abs/2204.07420. (Дата обращения 02.02.2025).
2. Walker B., Krones F., Kiskin I., Parsons G., Lyons T., Mahdi A. Dual Bayesian ResNet: A Deep Learning Approach to Heart Murmur Detection URL: https://arxiv.org/abs/2305.16691. (Дата обращения 10.03.2025).

СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ»

УДК 612.122.1; 615.471

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ С ДАТЧИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ГЛЮКОЗЫ

Анашкина А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
aas19l256@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Момыналиев К.Т., д.б.н., доцент
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники» Росздравнадзора

Одним из методов контроля уровня глюкозы у пациентов с сахарным диабетом является непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) в интерстициальной жидкости. Принцип работы современных датчиков систем НМГ основан на электрохимическом методе измерения: фермент глюкозооксидаза (GOX) катализирует окисление глюкозы до глюконовой кислоты с образованием перекиси водорода (H_2O_2), которая затем распадается на кислород (O_2), протоны (H^+) и свободные электроны ($2e^-$) – возникающий при этом электрический ток пропорционален концентрации глюкозы [1].

$$\text{Глюкоза} + O_2 \xrightarrow{\text{GOX}} \text{глюконовая кислота} + H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2e^- \quad (1)$$

Для исследования работы таких датчиков были разработаны интерфейсы подключения к испытательному оборудованию. Для трех различных моделей сенсоров были созданы уникальные разъемы, учитывающие их конструктивные особенности. В работе использовались разные контактные решения: металлические пластины для первого типа датчиков, подпружиненные контакты для второго и комбинированный механизм фиксации для третьего. Все разъемы были изготовлены методом 3D-печати с последующей интеграцией контактных элементов, что обеспечило надежное соединение с измерительной системой.

Экспериментальная часть работы включала длительный мониторинг сигналов датчика в растворах глюкозы различной концентрации (от 2 до 30 ммоль/л) в течение 20 суток. Результаты показали значительное снижение чувствительности сенсоров – к концу испытаний амплитуда сигнала уменьшилась на 60-85% для разных концентраций. Способность различать близкие значения концентраций глюкозы для критически важного диапазона 2-5 ммоль/л ухудшилась. В первый день исследований сила тока увеличилась в 8,9 раз при увеличении концентрации глюкозы с 2 ммоль/л до 5 ммоль/л, на двадцатый день исследования это значение упало до 3,81 раз.

Полученные результаты демонстрируют нелинейный характер изменения чувствительности датчиков и зависимость стабильности показаний от времени эксплуатации, что подчеркивает необходимость разработки специализированных методик технических испытаний датчиков систем НМГ в рамках государственной регистрации медицинских изделий.

Список литературы

1. Taguchi M., Ptitsyn A., Mclamore E., Claussen J. Nanomaterial-Mediated Biosensors for Monitoring Glucose // Journal of diabetes science and technology. 2014. V.8. Pp. 403-411. DOI: 10.1177/1932296814522799.

УДК 004.932.2

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ СИСТЕМАХ

Кащенко К.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
kostya@rskl.ru
Научный руководитель: Бойко А.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
boiko_andrew@bmstu.ru

Анализ глазодвигательной активности (ГДА) представляет собой перспективный инструмент для мониторинга психофизиологического состояния человека в реальном времени. Его актуальность особенно высока в условиях управления сложными техническими системами, где повышенная нагрузка и стресс могут существенно снизить работоспособность и концентрацию оператора.

Современные технологические тренды, такие как развитие автономных и беспилотных систем, требуют внедрения механизмов предиктивного контроля состояния человека. Системы анализа ГДА способны обнаруживать признаки переутомления, снижения внимания и усталости до того, как они приведут к ошибкам. Это делает их применимыми в таких критически важных отраслях, как авиация, транспорт, энергетика и оборонная промышленность [1].

Среди существующих методов ГДА выделяются три группы: носимые айтрекеры, стационарные айтрекеры и программные алгоритмы (на базе OpenFace, Dlib и др.). Первые удобны для полевых условий и мобильных операторов, вторые – точны и надежны в лабораторной среде. Программные методы являются наиболее доступными, но уступают в стабильности при изменении условий освещения и положения лица [2].

На практике технологии ГДА применяются для оценки квалификации пилотов, предупреждения утомления водителей и интеграции в промышленные системы безопасности, например, на атомных электростанциях [3]. Это подтверждает широкие перспективы включения ГДА в состав биотехнических комплексов мониторинга состояния человека.

Таким образом, методы анализа глазодвигательной активности можно рассматривать как ключевое звено в построении интеллектуальных систем поддержки принятия решений, особенно в задачах, где цена ошибки критична.

Список литературы

1. Курявский Л.С., Юрьев Г.А., Грешников И.И., Златомрежев В.И., Поляков Б.Ю., Орлова С.И., Юрьева Н.Е. Оценка действий экипажа самолёта по данным видеоокулографии // Экспериментальная психология. 2021. Т. 14. № 1. URL: https://psyjournals.ru/exp/2021/n1/Kuravsky_Yuryev_et_al_ru.shtml (Дата обращения 05.05.2025).
2. Российские ученые разработали систему оценки степени усталости пилотов самолетов и водителей // Известия. 2021. URL: https://iz.ru/1126902/2021-02-19/uchenye-iz-rossii-razrabotali-sistemu-otcenki-stepeni-ustalosti-pilotov (Дата обращения 05.05.2025).
3. Технология построения экспертных систем для оперативной диагностики оборудования атомных энергоблоков // Программные продукты и системы. 2012. № 2. URL: https://www.swsys.ru/index.php?id=3127&lang=&page=article (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 616-72

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКА В ХИРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ГЕМОРРОИДАЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ

Косов Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
kd.collector@gmail.com
Научный руководитель: Борде А.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»

Геморрой — одно из самых распространённых заболеваний в мире, поражающее до 25% населения, с высокой частотой среди людей трудоспособного возраста. Традиционные хирургические методы (геморроидэктомия) применяются лишь в 17–21% случаев из-за высокой травматичности. Современная медицина ориентирована на малоинвазивные технологии, среди которых ультразвуковые методики занимают ключевое место благодаря их эффективности и безопасности [1].

Анализ существующих низкочастотных ультразвуковых систем для мини-инвазивного лечения геморроя и обоснование разработки новой биотехнической системы, сочетающей ультразвуковую кавитацию с введением склерозанта.

Геморрой характеризуется варикозным расширением вен прямой кишки, нарушением кровообращения и дистрофией связочного аппарата. Классификация SPHC (Италия) выделяет 4 стадии заболевания, требующие разных подходов к лечению: Стадии 1–2**:** Консервативная терапия (нормализация пищеварения, фармакотерапия); стадии 3 **–**4В**:** Хирургические методы, включая ультразвуковую абляцию [2].

Механизмы УЗ-воздействия можно подразделить на механическое воздействие (микромассаж тканей, усиление проницаемости мембран), тепловое воздействие (локальный нагрев тканей), химический (кавитация улучшает распространение склерозанта в стенках сосудов).

Аппарат генерирует ультразвуковые колебания (20–30 кГц), которые через волновод передаются на инструмент, разрушающий интиму вен. Одновременно подаётся склерозант через канал в инструменте [3].

Для понимания того как можно выполнить операцию, нужно провести анализ существующих на рынке аналогах. В данной статье подробно описаны подробнейшим образом существующие на рынке ультразвуковые аппараты, такие как «Фотек ACTITON», «Sonoca 400», «Проксон» и другие. Сравнивались они по различным характеристикам, например, по мощности, по режимам работы.

Таким образом, метод ультразвуковой склеротерапии можно рассматривать как полноценный хирирургический метод с потенциалом по повышению успешных клинических результатов.

Список литературы

1. Квашнин С.Е. Медицинские ультразвуковые акустические системы для хирургии и терапии. М.: МГТУ, 2000. 28 с.
2. Квашнин С.Е. Теория, расчет и проектирование медицинской техники: методическое указания. М.: МВТУ, 1987. 16 с.
3. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. / пер. с нем. под редакцией В. С. Григорьева и Л. Д. Розенберга. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. 726 с.

РАЗДЕЛ «ГОЛОВНОЙ УЧЕБНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»

УДК 004.352.24

РАЗРАБОТКА СКАНЕРА МЕТОК НА ТОВАРАХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЗРЯЧИМИ ЛЮДЬМИ В ТОРГОВЫХ СЕТЯХ

Кислицина Е.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
kislitsina.elizabet@yandex.ru
Коптелова А.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
anna.koptelova004@gmail.com
Лесников А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
alekslesnt@yandex.ru
Шамшетдинов Э.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
shamemil@bk.ru
Научный руководитель: Константинов М.Д., ст. преподаватель
МГТУ им Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр

Рассматривается проблема обеспечения доступности процесса совершения покупок для лиц с нарушениями зрения. По данным современных исследований, основными трудностями для данной группы являются невозможность визуальной идентификации товара, получение информации о его характеристиках, а также зависимость от помощи посторонних лиц в магазине [1].

Существующие решения, такие как сервисы удалённой помощи (например, Aira, Be My Eyes), требуют стабильного интернет-соединения и участия оператора, что снижает уровень автономности пользователя. В отечественной практике также используются ассистивные технологии, но они в основном ограничены сферой образования и реабилитации [2].

Предлагается решение, основанное на использовании технологии Near Field Communication (технология ближней бесконтактной связи) (NFC), с помощью которой незрячий пользователь может самостоятельно считывать закодированную информацию о товаре, размещённую на ценнике в виде NFC-метки. Для взаимодействия с метками используется переносное устройство со встроенным NFC-чипом, динамиком и синтезатором речи, которое озвучивает информацию, полученную с сервера. Система не требует визуального интерфейса, что делает её интуитивно доступной для пользователей с нарушением зрения.

Механизм работы следующий: сотрудники магазина закрепляют за каждым товаром уникальный код и записывают его в базу данных. Эти коды наносятся на NFC-метки, размещаемые под товарами. При поднесении устройства к метке осуществляется считывание кода, передача на сервер и озвучивание пользователю сведений о товаре. Дополнительное приложение для сотрудников позволяет своевременно обновлять данные при изменении ассортимента.

Существенным преимуществом данной системы является её независимость от внешнего оператора и автоматизированный характер получения информации, что повышает приватность и самостоятельность процесса совершения покупок. Это соответствует современным тенденциям развития инклюзивных технологий в городской инфраструктуре.

Проведение пилотного тестирования системы с участием пользователей целевой группы планируется в условиях реального магазина. Ожидается, что данная технология

позволит не только повысить качество жизни людей с нарушением зрения, но и станет примером внедрения эффективных ассистивных решений в повседневную среду.

Список литературы

1. Бурукина И.П. Адаптивные технологии разработки информационных ресурсов для лиц с ОВЗ // Сборник трудов конференции. Чебоксары: Среда. 2020. С. 45–50.
2. Богинская Ю.В. Ассистивные технологии как средство обеспечения доступности высшего образования для молодежи с особыми образовательными потребностями: обзор отечественных и зарубежных инклюзивных практик // Инклюзивное образование – путь к успеху: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Якутск. 2022. С. 339–349.

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ДЛЯ ПОДБОРА МЕРОПРИЯТИЙ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИКИ СВАЙПА

Козлова Т.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
kozlovata@student.bmstu.ru
Тютяев А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
tyutyaevav@student.bmstu.ru
Хаяури И.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
khayauriim@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Попутников И.В., ст. преподаватель, вед. электроник
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр

Современные студенты сталкиваются с трудностями при поиске мероприятий, соответствующих их интересам и образовательным целям. Персонализация и удобство цифровых платформ приобретают ключевое значение в условиях высокой информационной нагрузки. Для решения данной задачи был разработан сервис, предназначенный для подбора мероприятий в высших учебных заведениях с использованием механики свайпа — интуитивно понятного элемента интерфейса, популярного в мобильных приложениях [1].

Сервис реализован в виде мобильного приложения для Android, разработанного с использованием Android Studio. Пользователь может просматривать карточки мероприятий, свайпать влево или вправо в зависимости от интереса, а также добавлять понравившиеся события в избранное. На основе взаимодействия формируются персонализированные рекомендации [2].

Бэкенд-приложение взаимодействует с мобильным клиентом через API, реализованное в соответствии с архитектурным стилем REST [3]. Данные поступают как от пользователей, так и от организаторов мероприятий и проходят модерацию перед публикацией. Реализована авторизация и разграничение ролей (пользователь, организатор, администратор).

Организаторы мероприятий получают доступ к отдельному веб-интерфейсу, реализованному как автономный фронтенд с собственным бэкендом на базе фреймворка Django. Через интерфейс организаторы могут создавать, редактировать и удалять мероприятия. Интерфейс адаптирован под различные устройства и разработан с использованием современных веб-технологий [2]. После прохождения модерации события становятся доступны в мобильном приложении.

Особенностью общего бэкенда системы является использование модуля GPT, который обрабатывает изображения, загружаемые организаторами (например, афиши мероприятий), и преобразует их в текстовое описание. Это решение направлено на повышение цифровой

доступности: расшифрованный текст может быть озвучен стандартными функциями смартфонов, что особенно важно для плоховидящих студентов. Таким образом, приложение способствует инклюзивности образовательной среды.

Проект разрабатывается на кафедре ГУИМЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана и направлен на повышение вовлеченности студентов во внеучебную активность, а также на цифровизацию взаимодействия между организаторами и участниками образовательных событий.

Список литературы

1. Krug S. Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability. / 3rd ed. USA: New Riders, 2014. 243 p.
2. Мартынов К.В. Разработка мобильных приложений под Android. СПб.: Питер, 2022. 288 с.
3. Fielding R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures: Diss… PhD of philosophy in Information and Computer Science. Irvine: University of California, 2000. 162 p.

УДК 004.89

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗАРЯДКИ И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫДАЧИ РАДИОКЛАССОВ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЕ

Колупаев Н.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
Кузнецов Н.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
Тошниёзов Ж.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
Цурин А.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр
Научный руководитель: Константинов М.Д., зам. дир., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский методический центр

Разработан автоматизированный блок хранения и зарядки радиоклассов, функционирующий на основе технологии радиочастотной идентификации (RFID), направленный на повышение эффективности управления портативных электронных устройств для студентов с нарушением слуха. Основной проблемой является отсутствие автоматизированной системы управления радиоклассами, в сочетании с децентрализованным доступом к ним, что приводит к значительным временным затратам на ручное ведение журналов и ограничивает доступность устройств для студентов, находящихся в удаленных корпусах или на других этажах.

Ключевым элементом системы является контроллер, реализованный на языке C, который обеспечивает считывание RFID-меток [1], идентификацию пользователей и проверку их доступа к ячейкам хранения [2]. Отдельное внимание было уделено мониторингу состояния зарядки. Система определяет текущий статус устройства посредством: 1) *визуальной индикации* – используются светодиодные индикаторы для отображения статуса. Постоянное свечение индикатора свидетельствует о завершении зарядки, а мигающий режим сигнализирует о процессе зарядки; 2) *программного контроля параметров* – осуществляется мониторинг параметров зарядки, включая измерение напряжения аккумулятора и силы тока заряда.

Основной алгоритм работы системы предусматривает непрерывное сканирование RFID-тегов с использованием считывателя. При обнаружении тега происходит запрос к

серверу с базой данных для верификации пользователя. В случае успешной аутентификации, студенту предоставляется доступ к соответствующей ячейке для получения или возврата радиокласса. При отсутствии пользователя в базе данных или при неудачной аутентификации доступ блокируется, предотвращая несанкционированное использование устройств.

Преимуществами разработки для студентов являются: 1) *автоматический учёт* – исключение необходимости ручного учета и сокращение времени на получение устройств, 2) *децентрализованная доступность* – возможность установки блоков хранения в различных локациях университета, что устраняет географические ограничения, 3) *гарантия работоспособности устройств* – контроль состояния зарядки обеспечивает выдачу только заряженных радиоклассов, что повышает эффективность их использования в учебном процессе.

Такая система обеспечивает контролируемый доступ, безопасное хранение [3] и своевременную подзарядку радиоклассов, способствуя более эффективному использованию ресурсов и повышению удобства для студентов.

Список литературы

1. Соколова Э.С. и др. Система управления сетью «Интернета вещей» для удаленной идентификации радиометок // Инженерный вестник Дона. 2019. №. 6 (57). С. 13.
2. Пестов И.Е. и др. Разработка программно-аппаратной системы контроля и управления доступом // Эргодизайн. 2020. №.1 (7). С. 19-24.
3. Лукьянов Ю.А., Бохонов Ю.П. Автоматическая камера хранения: Патент на полезную модель. № 73 525 U1, МПК G07F 17/10. Заявл. 15.01.2008, Опубл. 20.05.2008. 2008. 6 с.

УДК 004.94

ОБУЧАЮЩАЯ СИМУЛЯЦИЯ ПОЖАРНОЙ ЭВАКУАЦИИ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ СЛАБОСЛЫШАЩИХ СТУДЕНТОВ НА БАЗЕ ДВИЖКА UNITY

Лобов А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр
laa21ts015@student.bmstu.ru
Сетнеров В.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр
vasasetnerov@gmail.com
Шибаев В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр
vasiashibaev@yandex.ru
Научный руководитель: Попутников И.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр

Чрезвычайные ситуации, такие как пожары, требуют быстрой и слаженной реакции всех участников. Однако стандартные средства оповещения, в частности звуковые сигналы, оказываются неэффективными для студентов с нарушением слуха. Это создаёт потенциальную угрозу их жизни и здоровью, снижает общую эффективность эвакуационных мероприятий [1]. Студенты с нарушением слуха в основном воспринимают информацию на слухо-зрительной основе, то есть одновременно задействуют слуховой и зрительный анализаторы. Однако при одновременном прослушивании и выполнении других действий (например, письма) у них возникают значительные когнитивные перегрузки, что снижает внимание и повышает утомляемость [2].

Создание симуляции эвакуации из центра реабилитации ГУИМЦ, ориентированной на особенности восприятия слабослышащих студентов, отвечает современным требованиям

инклюзивной среды и представляет собой шаг в сторону повышения безопасности всех участников образовательного процесса.

Целью проекта является повышение уровня информированности студентов о процедуре эвакуации и разработка инклюзивной симуляции, позволяющей слабослышащим ориентироваться в условиях задымления и огня посредством визуальных сигналов. Симуляция включает специальный режим, демонстрирующий визуальные сигналы тревоги, направления эвакуации, точки сбора, что позволяет студентам с нарушением слуха эффективно ориентироваться в чрезвычайной ситуации.

Пользовательский интерфейс симуляции реализован в виде 3D-навигации от первого лица. Это позволяет студентам пройти путь эвакуации, ознакомиться с расположением выходов и других элементов системы безопасности. Включение игровых механик (сценарии, таймеры, цели) повышает вовлечённость студентов в процесс обучения, делая его более интересным по сравнению с традиционными инструктажами. Такой формат способствует более быстрому усвоению информации [3].

Предлагаемая симуляция представляет собой эффективный инструмент повышения безопасности в учебных учреждениях. Она не только воспроизводит процедуру эвакуации, но и способствует инклюзивному обучению, учитывая потребности студентов с нарушениями слуха. Таким образом, разрабатываемый продукт соединяет в себе технологический подход и образовательную пользу.

Список литературы

1. Станевский А. Г., Синицын В. В., Кирсанов А. А., Карнюшкин А. И., Сулименко В. А. Оповещение и эвакуация глухих и слабослышащих людей при пожарах и ЧС в образовательных учреждениях. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opoveschenie-i-evakuatsiya-gluhih-i-slaboslyshaschih-lyudey-pri-pozharah-i-chs-v-obrazovatelnyh-uchrezhdeniyah (Дата обращения 22.04.2025).
2. Кисиева Н. В. Методические рекомендации по подготовке образовательных материалов, учитывающих особенности студентов с нарушением слуха в условиях инклюзии в вузе URL: http://rumc.bmstu.ru/wp-content/uploads/2022/12/Тема-8.-Кисиева.pdf (Дата обращения 22.04.2025).
3. Баймуратова А.Т. О некоторых трудностях детей с нарушением слуха в процессе обучения в общеобразовательной школе URL: https://psyjournals.ru/nonserialpublications/inclusive_edu/contents/44162 (Дата обращения 22.04.2025).

УДК 62.05

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОБЪЕЗДА ПРЕПЯТСТВИЙ МАЛОМОБИЛЬНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ТИПА КОЛЯСКИ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ

Миронова С.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр
msv20ts016@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Жаргалова А.Д., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
azhargalova@bmstu.ru

В работе представлен процесс разработки устройства для объезда препятствий маломобильными транспортными средствами типа колясок для инвалидов.

Маломобильным транспортным средством, для которого разрабатывается устройство является электроколяска для людей с инвалидностью. В данной работе рассматриваются

случаи падения людей с инвалидностью с электроколясок, во избежание падений была поставлена цель проекта – повысить безопасность передвижения для людей с инвалидностью.

Способ решения проблемы случаев падения с колясок – разработка устройства для объезда препятствий. К устройству предъявлены следующие функциональные требования: обнаружение препятствий на пути следования транспортного средства, подача светового и звукового сигналов пользователю, автоматическое избежание столкновения, снижение скорости транспортного средства при приближении к препятствию, принятие решения о смене маршрута движения по алгоритму.

Алгоритм принятия решений о смене маршрута заключается в том, что после обнаружения препятствия ближе 40см коляска останавливается на 3 секунды, чтобы дать пользователю возможность отреагировать на препятствие самому, но если реакции от пользователя не следует коляска отъезжает назад для удобного поворота и поворачивает направо.

Принцип работы устройства заключается в проверке наличия препятствий различной высоты на пути движения коляски посредством ультразвукового датчика, отправляющего импульс, пропорциональный длительности пути прохождения ультразвуковой волны до препятствия и обратно на микроконтроллер Arduino Nano. Микроконтроллер генерирует световой и звуковой сигналы о препятствии пользователю и отправляет сигналы для движения на контроллер электроколяски.

Расстояние до препятствия рассчитывается по формуле, на основании длительности импульса от ультразвукового датчика, длительность импульса пропорциональна длительности прохождения ультразвуковой волны от передатчика до препятствия и обратно на приемник.

Программный код реализует функции считывания необходимых показаний с датчиков, расчета расстояния до препятствия, отправки звукового сигнала и сигналов о смене маршрута [1][2].

Устройство для объезда состоит из двух дубликатов ультразвуковых датчиков и микроконтроллеров, помещенных в два прямоугольных защитных короба с габаритными размерами 90х60х47мм, напечатанных на 3D-принтере[3]. Крепление устройства к электроколяске осуществляется посредством зажимов на задних сторонах коробов.

Для проверки работоспособности устройства разработан прототип, состоящий из элементов на базе Arduino, средство передвижения прототипа – мотор-редукторы с колесами, подключенные и управляемые драйвером моторов L298N. Прототип успешно реализует функции обнаружения препятствия, подачи сигналов о препятствии, снижения скорости при приближении к нему и принятия решения по алгоритму.

Список литературы

1. Андрианова, А.А., Исмагилов Л.Н., Мухтарова Т.М. Алгоритмизация и программирование. Практикум: учебное пособие для СПО. / 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 240 с.
2. Мамичев Д. Программирование на Ардуино. От простого к сложному. М.: СОЛОН-Пресс, 2018. 244 с.
3. Меженин А.В. Технологии разработки 3D-моделей: учебное пособие. СПб: Университет ИТМО, 2018. 100 с.

УДК 621.372.54

БЕСПРОВОДНОЙ ИНДУКТОР ДЛЯ СЛУХОВЫХ ИМПЛАНТОВ

Никитин Д.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр»
danyanikin28@gmail.com
Научный руководитель: Константинов М.Д., зам. дир., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Головной учебно-исследовательский и методический центр

Современные средства слухопротезирования стремятся не только к улучшению звуковосприятия, но и к обеспечению высокого уровня комфорта пользователей. Одной из ключевых проблем в этой области остаётся ограниченность проводных индукционных систем, используемых для передачи звука на слуховые импланты. Эти системы снижают мобильность пользователя, подвержены механическим повреждениям и не обеспечивают достаточной гибкости в повседневной эксплуатации [1].

В данном проекте представлен прототип беспроводного индуктора, передающего аудиосигнал на кохлеарный имплант за счёт магнитного поля. Конструкция выполнена в виде спиральной катушки, встроенной в многослойную печатную плату на основе стеклотекстолита FR4 с использованием медного слоя толщиной 35 мкм. Достигается диапазон индуктивности от 0.1 до 1.0 мкГн при рабочих частотах 50 Гц – 10 кГц, что обеспечивает стабильную и эффективную передачу сигнала с минимальными потерями [2].

Предлагаемое решение обладает рядом преимуществ: компактность, надёжность, отказ от проводов и улучшение качества звука. Оно ориентировано на людей с кохлеарными имплантами, стремящихся к полной интеграции в общественную и профессиональную жизнь без ограничений, накладываемых проводными системами. Также учитываются риски, связанные с помехами на высоких частотах, и акцентируется внимание на важности контроля качества при серийном производстве.

Таким образом, разработка беспроводного индуктора представляет собой перспективное направление в области медицинской электроники, направленное на улучшение качества жизни людей с нарушениями слуха [3].

Список литературы

1. О доступной среде в РФ. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904080016?index=1 (Дата обращения 05.02.2025 г.)
2. Кечиев Л.Н. Практическое руководство по конструированию многослойных печатных плат // Радиоэлектроника. 2021. URL: https://psv4.userapi.com/s/v1/d/EVG2X81Jk-AulW8-LFv2dxq_By6dUnTC9iMOYq9WOqD8c4m8wxi_LsUqwius7S92i2-5TACwZYOWJFUwLu8CT1D06K2BKqEEIU1NviOBPWsHQW6WO5eEBg/2_Ppakticheckoe_rukovodstvo_po_konstr_pe.pdf. (Дата обращения 10.02.2025 г.)
3. Гуляев Ю.В. Электроника: учебник. М.: Радио и связь, 2002. 448 с.

РАЗДЕЛ «ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ»

СЕКЦИЯ «ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ, МЕНЕДЖМЕНТ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ЭКОНОМИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Агаркова Д.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Agarkova_ds@student.bmstu.ru
Дегтярев А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

На сегодняшний день, грузоперевозки - сложный процесс, требующий применения гибкого планирования и умения реагировать на изменения внешних и внутренних факторов производства для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия.

Для оптимизации процессов, минимизации потерь и издержек, связанных с логистическими операциями, применяются методы математического программирования, позволяющие находить оптимальные решения. Однако, математическая модель, как правило, фиксированная и не может быть изменена. Поэтому для анализа возможных сценариев развития широко применяется моделирование – имитация работы реальной системы во времени.

Одним из наиболее современных и эффективных методов исследования поведения объектов является имитационное моделирование: упрощенное отображение, учитывающее причинные связи, последствия, нелинейности с применением специализированного программного обеспечения (GPPS, Arena, ITHINK, AnyLogic). Основная концепция состоит в создании наборов алгоритмов, которые в последствии моделируют карты состояний системы с использованием набора переменных, каждая комбинация которых описывает конкретное возможное состояние.

Этапы имитационного моделирования можно сформулировать так:

- Четко определить аспекты функционирования реальной системы: сформулировать цель создания модели, установить границы системы и уровня детализации процессов.
- Создать модель, интегрируя критерии эффективности работы системы, с возможностью оценки альтернативных решений.
- Доработать модель и оценить альтернативные решения, выработать рекомендации и в случае изменения – перестроить модель.
- Интегрировать модель в практику для дальнейших исследований.

Конечная модель позволяет реализовывать вероятностное развитие сценариев, описывать случайные процессы и проводить вероятностную оценку характеристик на выходе.

Современное имитационное моделирование можно классифицировать на четыре типа:

- Дискретно-событийное: представляет последовательность операций, где сущности – пассивны, однако обладают атрибутами и накапливают статистику.

- Системно-динамическое: исследуется динамика сложной системы с учетом всех причинно-следственных связей, включая обратную.
- Агентное: назначаются агенты (любые значимые для системы элементы), между которыми устанавливается взаимосвязи, конфигурируется среда. Индивидуальные действия формируют общее поведение модели [1].
- Гибридное: часть модели строится на основе первых принципов, другая, на основе данных из-за недостатка понимания механизмов [2].

Кратко процесс планирования для грузоперевозок можно описать так: по исходным данным, создается и решается задача смешанного линейно-целочисленного программирования (СЦЛП) для создания оптимального плана, который затем проверяется и адаптируется через имитационное моделирование, основанное на агентном методе [3].

Подход, включающий математическое программирование и имитационное моделирование, позволяет комплексно оптимизировать грузоперевозки: (СЦЛП) обеспечивает расчет экономически выгодных вариантов маршрутов, в то время как моделирование выявляет потенциально проблемные места и риски, предоставляя возможность их заблаговременного устранения, а также гарантирует гибкость и адаптивность к изменяющимся внешним условиям и внутренним требованиям.

Список литературы

1. Лоскутов И.А., Скворцова Д.А., Искандарова В.Г.: Динамическое нормирование с использованием метода агентного моделирования процесса сборки оборудования для атомных электростанций // Омский научный вестник. 2023. №. 1 (185). С. 46-52.
2. Скворцова Д.А., Чувильгин Е.Л., Смирнов А.В., Романов Н.О.: Разработка гибридной имитационной модели сборочного цеха // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15. № 5. С. 1359-1379. DOI 10.20537/2076-7633-2023-15-5-1359-1379.
3. Зайчиков В.А., Заходякин Г.В.: Разработка инструмента планирования цепи поставок на основе интеграции математического программирования и имитационного моделирования. URL: https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/9trremi8rz/176172826.pdf (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 658.7

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ

Акимов А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
andrejakimov70@gmail.ru
Научный руководитель: Герцик Ю.Г., д.э.н., к.б.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В сфере сервисного обслуживания биотехнологических предприятий России наблюдается ряд технических и технологических проблем, существенно влияющих на эффективность работы отрасли. Одной из ключевых проблем является недостаток специализированного оборудования, необходимого для качественного обслуживания высокотехнологичных процессов. Ограниченный доступ к запчастям и комплектующим также является значимой проблемой. Многие биотехнологические установки требуют специфических деталей, производство которых в России не налажено. Устаревшая инфраструктура сервисных центров дополняет перечень технических проблем. Многие существующие сервисные центры не оснащены современным оборудованием и не соответствуют актуальным стандартам обслуживания. Это приводит к снижению качества предоставляемых услуг и увеличению времени простоя оборудования [1].

Решение указанных технических и технологических проблем требует комплексного подхода, включающего развитие отечественного производства специализированного оборудования, улучшение логистических цепочек поставок и модернизацию существующей инфраструктуры сервисных центров.

В сфере сервисного обслуживания биотехнологических предприятий России наблюдается значительный кадровый дефицит, что существенно влияет на эффективность и качество предоставляемых услуг. Одной из причин этого дефицита является недостаток образовательных программ, направленных на подготовку сервисных инженеров в биотехнологической сфере.

Высокий уровень текучести кадров усугубляет проблему. Многие специалисты покидают свои должности в поисках лучших условий труда или из-за отсутствия возможностей для профессионального роста. Для преодоления кадрового дефицита в сфере сервисного обслуживания биотехнологических предприятий необходимо развивать специализированные образовательные программы, направленные на подготовку сервисных инженеров, а также создавать условия для удержания и профессионального роста специалистов в этой области.

В сфере сервисного обслуживания биотехнологических предприятий России существуют значительные экономические и организационные проблемы, которые препятствуют эффективному развитию отрасли. Одной из ключевых проблем является высокая стоимость обслуживания специализированного оборудования [2].

Неэффективная логистика и распределение ресурсов также оказывают негативное влияние на сервисное обслуживание. Сложности в поставках необходимых компонентов и задержки в их доставке приводят к простоям оборудования и снижению производительности.

Недостаточная интеграция цифровых технологий в процессы обслуживания является еще одной существенной проблемой. Современные биотехнологические предприятия требуют использования передовых информационных систем для мониторинга состояния оборудования, планирования технического обслуживания и управления запасами.

Для преодоления указанных экономических и организационных проблем необходимо разработать комплексный подход, включающий оптимизацию затрат на обслуживание, совершенствование логистических процессов и активное внедрение цифровых технологий в управление сервисным обслуживанием биотехнологических предприятий. Внедрение инноваций и модернизация инфраструктуры являются ключевыми направлениями для повышения эффективности сервисного обслуживания биотехнологических предприятий в России [2]. Одним из приоритетных шагов является интеграция автоматизированных и цифровых решений в процессы обслуживания.

Список литературы

1. Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н. Биоэкономика и устойчивое развитие. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 198 с.
2. Современные достижения биотехнологии. Техника и технологии пищевых производств. // материалы VII Международной научно-практической конференции (Ставрополь, 20-24 октября 2020 года). Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2020. 300 с.

УДК 330.46:519.21

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРИБЫЛЬЮ ПЛАТФОРМЫ ОНЛАЙН-БРОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКОВСКОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Андреева В.В. студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
chuvashovavv@bmstu.ru
Научный руководитель: Костырин Е.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современные платформы онлайн-бронирования становятся всё более сложными системами, требующими эффективных решений для управления потоками информации, взаимодействия с пользователями и оптимизации процессов. Одним из подходов, который может существенно улучшить функционал подобных платформ, является применение случайных марковских процессов.

По данным сервиса Яндекс Путешествия последние годы онлайн-бронирование становится все более популярным, общая стоимость бронирований через OTA (Online Travel Agency) за последние два года выросла в 6 раз. Популярные платформы стремятся обеспечить высокий уровень удовлетворенности клиентов, оптимизировать свои процессы и, в конечном итоге, увеличить выручку. Одним из подходов, который может значительно повысить эффективность этих платформ, является использование случайных марковских процессов (СМП). Этот метод может помочь в решении множества проблем, с которыми сталкивается бизнес, и привести к оптимизации бизнес-процессов.

Целью исследования является разработка модели управления прибылью платформы онлайн-бронирования в зависимости от комиссии платформы бронирования и доли отмен на основе графа состояний процесса бронирования жилья и уравнений А.Н. Колмогорова [1] для предельных вероятностей состояний. Модель позволяет максимизировать уровень прибыли.

В работе проведен математический анализ марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, иллюстрируемый на примере процесса бронирования жилья. Рассматриваются переходы между состояниями, описанные через интенсивности потоков событий λ_{ij}. Для нахождения вероятностей состояний применяется система уравнений Колмогорова, и введено условие полноты вероятностей. В итоге формируется система линейных уравнений для стационарного режима, из которой определяются предельные вероятности нахождения системы в различных состояниях. Для решения системы уравнений использовали метода Крамера [2]. Предельные вероятности состояний, являются инструментом для решения оптимизационной задачи, связанной с управлением прибылью платформы онлайн-бронирования. Эти вероятности характеризуют вероятность нахождения системы в различных состояниях, таких как S_0 (Запрос со стороны населения на бронирование средств размещения), S_1 (Бронирование средств размещения через OTA), S_2 (Оказание услуг ненадлежащего качества) и S_3 (Выход), и соответственно обозначаются как p_0, p_1, p_2 и p_3. В контексте данной задачи, исходя из экономического смысла задачи, нахождение системы в состоянии S_1 приносит OTA доход. Этот доход, в свою очередь, зависит от нескольких факторов: цена бронирования, объём осуществляемых бронирований, комиссия, взимаемая платформой за свои услуги, а также вероятность того, что система окажется в состоянии S_1, обозначаемая как $p_1(\varphi)$, а нахождение системы в состоянии S_2 определяется как ситуация, в которой платформа получает убытки, связанные с необходимостью устранения недостатков в качестве предоставляемых услуг. Размер убытков зависит от себестоимости оказываемых услуг, объём их предоставления и, конечно же, вероятности нахождения системы в данном состоянии, представляемую как $p_2(\gamma)$. Постоянный мониторинг и анализ предельных вероятностей позволяют эффективно управлять предоставляемыми услугами, оптимизируя как прибыль, так и расходы, что в конечном итоге

способствует устойчивому развитию бизнеса в условиях конкурентного рынка онлайн-бронирования.

С учётом вышеизложенного, экономико-математическую модель управления прибылью платформы онлайн-бронирования представим в следующем виде [3]:
Целевая функция

$$\text{Прибыль}(Ц_t, V_t, \varphi, \gamma_t) = \left(Ц_t \cdot V_t \cdot p_1(\varphi) \cdot \varphi - С_{бр.} \cdot V_t \cdot p_2(\gamma_t) \cdot \gamma_t\right) \rightarrow max \quad (1)$$

Ограничения

$$10 \leq \varphi \leq 30 \quad (2)$$

В экономико-математической модели (1)-(2) использованы следующие обозначения: Прибыль– прибыль платформы онлайн-бронирования в *t*-ом году, руб.; $Ц_t$ – средняя цена услуги в *t*-ом году, руб.; V_t – объём услуг, оказанных в *t*-ом году, ед.; φ – комиссия сервиса онлайн бронирования, доли ед.; γ_t– доля отмен в *t*-ом году, доли ед.; $p_1(\varphi)$ – вероятность нахождения системы в состоянии S_1, доли ед.; $С_{бр}$ – издержки, приходящиеся на одно бронирование в *t*-ом году, руб.; $p_2(\gamma)$ – вероятность нахождения системы в состоянии S_2, доли ед.

Практическая реализация экономико-математической модели (1)-(2) показывает, что с увеличением комиссионного вознаграждения платформы наблюдается снижение объёма оказываемых услуг. Максимальная прибыль, достигающая 49 104 203 руб., наблюдается при доле отмен в 10% и объёме 60 762 услуг, с установленной комиссией в 10%. В условиях увеличения доли отмен до 20% возрастает необходимость покрытия затрат на несостоявшиеся бронирования. В этом сценарии наивысшая прибыль, равная 48 481 524 руб., достигается при оказании 40 950 услуг и сохраняемой комиссии в 15%.

Таким образом, данные свидетельствуют о том, что правильная комбинация тарифной политики и управления отменами может существенно увеличить общую прибыльность бизнеса.

Список литературы

1. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Наука, 1986. 534 с.
2. Игнатьева А.В., Краснощёкова Т.И., Смирнов В.Ф. Курс высшей математики / Под ред. П.И. Романовского. М.: Высшая школа, 1964. 683 с.
3. Костырин Е.В., Андреева В.В. Модель управления прибылью платформы онлайн-бронирования с использованием марковского случайного процесса // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 4. № 2. С. 25-34.

УДК 339.13

МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ

Анискина Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
aniskinada@student.bmstu.ru
Нургалиева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
azalika05@mail.ru
Научный руководитель: Волкова М.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях нестабильности рынка компаниям необходимы уникальные стратегии, инновации и ориентация на потребителя [1]. Маркетинговая стратегия – это основа

организации, учитывающая внешние (рынок, конкуренты) и внутренние (ресурсы, цели) факторы [2], для формирования конкурентного преимущества и активного влияния на рынок.

Компания разрабатывает главную стратегию на основе концепции развития, учитывающей государственные планы. Она включает товарно-рыночные стратегии, “портфельную” стратегию распределения ресурсов и функциональные политики. Разработка маркетинговой стратегии – это поэтапный процесс: анализ, определение целевой аудитории, формулирование целей, разработка стратегии и плана (маркетинг-микс), реализация и оценка эффективности (финансовые, маркетинговые показатели).

Выбор стратегии зависит от рынка: географическое расширение, диверсификация, сегментация (важен темп) [3]. Пути роста: 1) старый товар на старом рынке (углубление проникновения); 2) новый товар на старом рынке (разработка нового продукта); 3) старый товар на новом рынке (расширение географии); 4) новый товар на новом рынке (диверсификация). Расширение рыночной активности – популярный метод роста за счет новых возможностей, инноваций и ориентации на потребителя.

Разработка маркетинговой стратегии критична для успеха, иначе фирма отстанет от конкурентов. Основные направления: сегментация (максимальное удовлетворение спроса), диверсификация (новые товары и рынки), интернационализация (зарубежные рынки). Более конкретные стратегии определяются: территорией, освоением рынка, охватом сегментов, способом обработки, отношением к конкурентам, использованием маркетингового комплекса и темпами роста.

Список литературы

1. Котлер Ф., Армстронг Г., Вонг В., Сондерс Д. и др. Основы маркетинга / пер. с англ. 5-е изд. Москва: Вильямс, 2013. 752 с.
2. Ансофф И. Стратегическое управление / пер. с англ. Москва : Экономика, 1989. 519 с.
3. Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / пер. с англ. Москва: Альпина Паблишерз, 2011. 453 с.

УДК 330.45; 611.314

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ В АНТИКОРРОЗИЙНУЮ РЕСТАВРАЦИЮ МЕДИЦИНСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Арутюнов С.А., студент
Российский университет медицины, Экономический факультет
sa.arutyunov@rambler.ru
Керасов С.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
stenley007@mail.ru
Тюрин Е.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
egorturin08@gmail.com
Научный руководитель: Костырин Е.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

По данным Всемирной организации здравоохранения в мире нет медицинских организаций, вне зависимости от экономического уровня страны, свободных от риска возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Затраты на лечение пациентов с ИСМП большие и обусловливают значительный социо-экономический урон во всех странах [1-3]. Ежегодный ущерб, наносимый ИСМП в США, составляет около 55–60 млрд долларов; в странах Европы ущерб равен 13–24 млрд евро, а в Великобритании этот показатель достигает уровня 10 млрд фунтов стерлингов.

По подсчетам, экономические потери в РФ могут достигать 10–15 млрд рублей в год. Профилактика ИСМП в Российской Федерации является основным требованием санитарной безопасности в деятельности медицинских организаций.

Химическая дезинфекция является незаменимым средством профилактики инфекций в учреждениях здравоохранения, где передача патогенов представляет потенциальный риск для здоровья людей. Однако, химическая стерилизация и последующая стерилизация в автоклаве ведут к коррозии поверхности инструмента, которая становиться шероховатой и, как правило, окрашивается. Поверхностное окрашивание может быть трудно отличить от других пятен или отметин, вызванных оставшейся биологической грязью. Коррозия на поверхности инструмента затруднит эффективную очистку поверхности, поэтому корродированные или окрашенные инструменты следует выбрасывать.

Мы не разделяем это мнение, так как сегодня широко используются различные антикоррозионные упрочняющие покрытия, которые могут быть использованы для восстановления широкого спектра корродированных инструментов.

В связи с этим целью нашей работы было экономическое обоснование целесообразности реставрации стоматологического инструментария, подверженного коррозии вместо его утилизации.

Критерием оптимальности принимаемого управленческого решения о замене инструментария в нашем исследовании выступают суммарные затраты на реставрацию поверхности и упрочнение инструментария, включающие издержки на реставрационные мероприятия посредством упрочняющего антикоррозионного покрытия, снижение его ликвидной стоимости, приходящиеся на единицу дополнительного срока службы инструмента. Реставрация инструментария экономических целесообразна и научно обоснована тогда и только тогда, когда суммарные затраты на реставрацию $X_р$, приходящиеся на единицу его срока службы, не превышают затраты на покупку нового инструмента $X_з$. Иными словами, должно выполнять следующее условие для принятия решения о реставрации:

$$\frac{\Delta P(t)+Y(t)}{T} \leq \frac{P(0)+\Delta P(0)+Z(t)}{\tau} \quad (1)$$

где $\Delta P(t)$ – снижение ликвидной стоимости стоматологического инструментария возраста t при переходе от шага t к шагу $t + 1$, руб.; $Y(t)$ – затраты на реставрацию инструмента возраста t, руб.; T – количество медицинских услуг, оказанных с использованием инструмента после реставрации, услуг; $P(0)$ – стоимость нового инструмента, руб.; $\Delta P(0)$ – снижение ликвидной стоимости нового инструмента при переходе от шага t к шагу $t + 1$, руб.; $Z(t)$ – затраты на утилизацию инструмента возраста t, руб.; τ – нормативный объём медицинских услуг, оказываемых с использованием нового инструмента, услуг.

На основе формулы (1) авторами разработана инновационная модель принятия управленческого решения о замене инструментария, подверженного коррозии, включающая математический аппарат, алгоритм и программное обеспечение в программной среде Python, практическая реализация которой на примере стоматологического инструментария позволила сделать вывод о значительном экономическом преимуществе реставрации инструментария по сравнению с приобретением нового, подверженного коррозии.

Список литературы

1. World Health Statistics. 2024. URL: https: // www.who.int (Дата обращения 02.04.2025 г.).
2. Кулешова Л.И., Пустоветова Е.В. Инфекционная безопасность в лечебно-профилактических учреждениях. / 3 изд. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 317 с.
3. Свистунов С.А. Роль Acinetobacter spp. в этиологии инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, у пациентов хирургического стационара / С.А. Свистунов, А.А. Кузин, Т.Н. Суборова, П.И. Огарков и др. // Медицина в Кузбассе. 2013. № 2. Том XII. С. 59–62.

УДК 005.93

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИЗАЙНА ИНТЕРФЕЙСА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В ERP-СИСТЕМЕ ХОЛДИНГА

Баева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
baeva.02@mail.ru
Научный руководитель: Мазурин Э.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

ERP-системы любого холдинга объединяют ключевые бизнес-процессы (от управления цепочками поставок до кадрового учета) в единую платформу. При работе с ERP-системами пользователи часто сталкиваются с проблемой сложности интерфейса. Сложность интерфейса приводит к долгому процессу обучения, т.е. к «крутой» кривой обучаемости.

Кривая обучаемости – это графическое представление зависимости времени, затрачиваемого на выполнение определенной задачи, от количества повторений этой задачи. С увеличением количества повторений время выполнения задачи снижается, поскольку пользователь приобретает опыт и навыки [1].

Выделены факторы, влияющие на форму кривой обучаемости в контексте изучения работы по выполнению задач в ERP-системе:

1. Сложность задачи

Сложность задачи в ERP-системы зависит от количества шагов выполнения и интеграции с различными модулями ERP-системы. Для подтверждения некоторых операций требуется согласование в соседних модулях. Например, согласование заказа требует взаимодействия с модулями логистики, финансов и склада.

Чем больше шагов для выполнения задачи (операции), и чем больше необходимо интеграций другими модулями, тем выше сложность задачи в ERP-системе. Чем выше сложность задачи - тем больше времени требуется на ее выполнение [2].

2. Опыт пользователя

Опыт пользователя напрямую влияет на время выполнения операции.

Чем больше пользователь работает в ERP-системой, тем меньше времени требуется пользователю на выполнение одной и той же операции.

3. Качество дизайна интерфейса

Под качеством дизайна интерфейса в ERP-системе понимается простота восприятия интерфейса у пользователей. Т.е. чем проще интерфейс, тем он более понятен и интуитивен для работы.

Хорошо проработанный дизайн ERP-системы влияет на скорость выполнения задач, особенно при первых использованиях.

Для оригинальной модели кривой обучаемости используется формула [1]:

$$Y = K \cdot x^{\log_2 b} \quad (1)$$

где Y — среднее время за измеренную длительность,
a — время, необходимое для выполнения задания в первый раз,
K – базовое время выполнения задачи (в идеальных условиях),
x — общее количество выполненных попыток,
b — коэффициент обучения (отражает скорость снижения времени выполнения задачи).

С учетом выделенных факторов уточнена формула кривой обучаемости задачи в ERP-системе:

$$Y = K\frac{C}{UD} \cdot x^{\log_2(b\frac{UC}{D})}, \quad (2)$$

где C – коэффициент сложности задачи,
U - коэффициент опыта пользователей,

D - коэффициент качества дизайна интерфейса.

На основе уточненной формулы можно сделать следующие практические рекомендации для сокращения сроков обучения пользователя ERP-системы:

1. Для изменения начальной точки кривой обучаемости необходимо улучшать дизайна интерфейса. Улучшение дизайна интерфейса – это постоянная работа, требующая быстрого реагирования на изменение в ERP-системе.

2. Для ускорения выхода на «плато» производительности необходимо регулярное обучение пользователей ERP-системы.

Общая формула производительности труда имеет вид [3]:

$$П_т = \frac{Q}{T}, \quad (3)$$

где $П_т$ – производительность труда одного работника (в контексте ERP-системы – пользователя),

Q – объем произведенной продукции (в контексте ERP-системы – количество выполненных задач пользователем),

T – количество времени, затраченное на выполнение задачи.

Тогда с уменьшением времени выполнения на задачу пользователь повышает свою производительность труда.

Повышение производительности труда при использовании ERP-систем достигается за счет улучшения взаимодействия пользователя с интерфейсом ERP-системы. Время на выполнения задач за счет улучшения дизайна интерфейса сокращается. Дизайн интерфейса позволяет минимизировать сложность операций (например, группировка функций или автоматизация многошаговых процессов). Регулярное обучение пользователей ускоряет «выход на плато производительности» (на кривой обучаемости) и снижает зависимость холдинга от службы поддержки ERP-системы.

Список литературы

1. ACCA Global. The learning rate and the learning effect // ACCA Global: сайт. URL: https://www.accaglobal.com/cis/ru/student/exam-support-resources/adfbr-learning-resources/performance-management/technical-articles/The_learning_rate_and_the_learning_effect.html (Дата обращения 03. 04.2023).

2. Christopoulos A., Mystakidis S. Gamification in Education // Encyclopedia. 2023. V. 3. № 4. Pp. 1223-1243. DOI: 10.3390/encyclopedia3040089.

3. Орлов А.И. Теория принятия решений : учебник. Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 826 с.

УДК 330.131.7: 622.342.1

ПРОТИВОРЕЧИЯ И КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ В ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Балуков И.Е., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
ilya.e.balukov@gmail.com
Погребинская М.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
pogrebinskaya@bmstu.ru
Научный руководитель: Рыбина Г.А., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Золотодобыча – одна из ключевых отраслей российской экономики, обеспечивающая валютные поступления, инвестиции и развитие регионов. Однако в этой сфере существует

множество противоречий и конфликтов интересов, обусловленных различными экономическими, экологическими и социальными факторами.

В рассматриваемой системе золотодобывающей отрасли участвуют различные заинтересованные стороны, каждая из которых преследует собственные цели и сталкивается с определенными факторами конфликта. Центральную роль играет государство, для которого приоритетом является увеличение объемов добычи, рост налоговых поступлений в бюджет, а также обеспечение контроля над стратегически важным ресурсом. Однако, интересы государства часто вступают в противоречие с другими участниками из-за таких факторов, как налоговая нагрузка, экспортные ограничения и выдвигаемые требования к инвесторам [1].

Крупные золотодобывающие компании стремятся к максимизации прибыли, расширению эксплуатируемых месторождений и снижению производственных издержек. Их интересы сталкиваются с государственным регулированием, а также с конкуренцией со стороны малых предприятий и артельных старателей, что создает напряженность внутри отрасли. Малые и артельные старатели, в свою очередь, заинтересованы в облегченном доступе к месторождениям и упрощении процедур лицензирования. Однако они сталкиваются с проблемами, связанными с монополизацией отрасли крупными компаниями и усложненным административным регулированием, что существенно ограничивает их возможности развития.

Местные жители и представители экологических организаций обеспокоены сохранением экосистемы и добиваются справедливого распределения доходов от золотодобычи. Их конфликты с другими сторонами возникают на фоне экологического ущерба, наносимого природной среде, а также из-за нарушений прав коренных народов, чьи территории часто затрагиваются добывающими проектами.

Наконец, международные инвесторы проявляют интерес к доступу к лицензиям на добычу и защите своих капиталовложений. Их активность в секторе осложняется такими факторами, как международные санкции и нестабильность национального регулирования, которые повышают риски ведения бизнеса и снижают привлекательность отрасли для иностранных инвестиций.

Раскроем более подробно содержание и предпосылки основных противоречий в отрасли, которые связаны со следующими конфликтами и экономическим потерями:

1. Государство vs золотодобывающие компании. Государство заинтересовано в увеличении налогов и экспортных поступлений, в то время как компании требуют льгот и стабильности законодательства.

2. Проблема налогообложения. Введение налога на сверхприбыль (2023 г.) вызвало негативную реакцию компаний. Вопрос увеличения экспортной пошлины на золото остается предметом дискуссий.

3. Регулирование экспорта. После 2022 года из-за санкций Россия переориентировала экспорт золота с Западной Европы на Китай, ОАЭ и Индию. При этом государство вводит квоты и ограничения на экспорт, снижая гибкость компаний.

2. Крупные компании vs малый бизнес. Крупные игроки (Полюс, Полиметалл, Селигдар) имеют доступ к основным месторождениям, в то время как малые предприятия и артели сталкиваются с административными барьерами.

3. Монополизация месторождений. В 2022 г. около 80% добычи обеспечили 10 крупнейших компаний. Этот процесс можно связать с выстраиванием юридических барьеров, когда сложная система лицензирования ограничивает доступ малого бизнеса к новым месторождениям.

4. Давление на старателей связано с ужесточением требований к артелям, что привело к снижению их количества с 4,5 тыс. (2010 г.) до 1,2 тыс. (2023 г.) [2, 3]. Незаконная добыча стала серьезной проблемой в отдаленных регионах (Дальний Восток, Сибирь).

5. Особое место в системе противоречий занимают экологические и социальные конфликты, связанные с не самым экологичным видом деятельности. Это объясняется тем, что

золотодобыча наносит серьезный экологический ущерб, что вызывает протесты местных жителей и экологов. Среди самых явных отрицательных экстерналий, накладывающих отпечаток на негативное восприятие экологического статуса золотодобычи – загрязнения. Так, в 2022 году Росприроднадзор выявил свыше 500 случаев нарушения экологических норм в золотодобыче. И загрязнения эти достаточно серьезные, т.к. ртуть и цианиды, используемые при переработке руды, загрязняют водоемы (например, река Витим в Бурятии).

Золотодобыча – одна из стратегически важных отраслей российской экономики, обеспечивающая валютные поступления и пополнение золотовалютных резервов. Однако отрасль сталкивается с рядом конфликтов интересов, включая споры между государством, крупным бизнесом, малым предпринимательством, экологами и местными сообществами.

Национализация золотодобычи рассматривается как возможный механизм урегулирования этих конфликтов. Под национализацией понимается переход золотодобывающих активов в собственность государства с целью установления контроля над ресурсами, перераспределения доходов и устранения монополизации отрасли. Национализация золотодобычи может стать эффективным инструментом разрешения конфликтов в отрасли, но требует взвешенного подхода. Полная национализация может привести к неэффективности, поэтому наиболее оптимальным вариантом представляется частичная национализация через: увеличение доли государства в ключевых золотодобывающих компаниях; создание госкомпании для управления стратегическими месторождениями; жесткое государственное регулирование экспорта и переработки. Такая модель позволит сохранить эффективность управления, увеличить доходы бюджета и снизить конфликт интересов в отрасли [1].

Плюсами национализации в современных непростых условиях могут стать контроль государства над стратегическими ресурсами, увеличение налоговых поступлений в бюджет, устранение иностранного влияния в отрасли, усиление регулирования экологических стандартов, снижение зависимости от западных рынков.

Список литературы

1. Монгуш С.П., Ойдуп Т.М. Актуальные аспекты деятельности золотодобывающих предприятий (на материалах республики Тыва) // Региональная экономика: теория и практика. 2018. № 9 (456). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-aspekty-deyatelnosti-zolotodobyvayuschih-predpriyatiy-na-materialah-respubliki-tyva (Дата обращения 01.03.2025).
2. Симонин П.В., Фоменко Н.М., Кузьмина А.А., Анохин С.А., Курбацкая Т.Б., Соловьева О.А., Курбацкий Н.В., Жигунова Т.С. Стратегии золотодобывающих компаний, инвестиции в горнодобывающие машины и обеспечение устойчивости национальной экономики в условиях санкций // Уголь. 2023. № 3. (1165). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-zolotodobyvayuschih-kompaniy-investitsii-v-gornodobyvayuschie-mashiny-i-obespechenie-ustoychivosti-natsionalnoy-ekonomiki (Дата обращения 01.03.2025).
3. Золотодобывающая промышленность России: текущее состояние и перспективы. URL: URL: https://zolteh.ru/results/zolotodobyvayushchaya-promyshlennost-rossii-tekushchee-sostoyanie-i-perspektiv/ (Дата обращения 01.03.2025).

УДК 658.1

МОДЕЛИ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ УНИВЕРСИТЕТСКИХ РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ: ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА И БАРЬЕРЫ НА ПУТИ К РЫНКУ (НА ПРИМЕРЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ)

Беленькая А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
annna.belenkaya06@yandex.ru
Борисов М.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
gavrusha225225@gmail.com
Шевченко А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
shevchenkoaa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Пилюгина А.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Коммерциализация университетских технологий – ключевой фактор инновационного развития, особенно для технологического суверенитета РФ [1]. Трансфер разработок технических вузов на рынок и привлечение инвестиций сталкиваются с системными проблемами. Данная работа систематизирует модели коммерциализации, критерии инвестиционной оценки и барьеры для высокотехнологичных разработок тех.вузов в российских условиях.

Основные модели коммерциализации ИС (интеллектуальной собственности) тех.вузов включают продажу лицензий, создание спин-оффов (МИП по ФЗ-217, ФЗ-273) и совместные НИОКР проекты с индустрией [2]. Выбор модели зависит от уровня готовности технологии (TRL-Technology Readiness Level), типа ИС, команды и стратегии вуза, влияя на контроль, риски и доходность.

Инвесторы оценивают технологию (TRL), защиту ИС, команду, рынок и бизнес-модель [3]. Потенциал команды и рынка часто перевешивает технологические риски на ранних стадиях, что требует развития предпринимательской экосистемы в вузах.

Основные барьеры в РФ: дефицит финансирования на этапе «долины смерти», сложности с управлением ИС, нехватка предпринимательских компетенций у исследователей, слабые связи с рынком, бюрократия и регуляторные сложности. Это снижает инвестиционную привлекательность и тормозит трансфер технологий.

Анализ российской практики выявляет как отдельные успешные примеры спин-оффов ведущих тех.вузов, так и системную проблему, когда множество МИПов не преодолевают стадию НИОКР или освоения грантов, не выходя на конкурентный рынок из-за комплекса барьеров.

Для активизации коммерциализации в РФ необходимы: улучшение работы университетских центров трансфера технологий (ТТО-technology transfer office), акселераторы и обучение предпринимательству, развитие специфических для России механизмов раннего финансирования (гранты ФСИ – Фонд содействия инновациям, программы Сколково, венчурные фонды с госучастием), включая формирующуюся практику кредитования под залог интеллектуальной собственности, стимулирование кооперации с индустрией через налоговые льготы и программы поддержки, а также упрощение административных процедур для спин-оффов.

Успешная коммерциализация разработок тех.вузов требует верного выбора модели, соответствия инвестиционным критериям и преодоления системных барьеров с учетом российской специфики. Совершенствование механизмов трансфера технологий повысит инвестиционную привлекательность университетских инноваций и ускорит их внедрение в

экономику. Требуется дальнейший количественный анализ факторов успеха российских университетских стартапов.

Список литературы

1. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90201 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Siegel D.S., Wright M., Lockett A. The rise of entrepreneurial activity at universities: organizational and societal implications // Industrial and Corporate Change. 2007. V. 16. № 4. Pp. 489–504.
3. Mason C., Stark, M. What do investors look for in a business plan?: a comparison of the investment criteria of bankers, venture capitalists and business angels. // International small business journal. 2004. № 22 (3). Pp. 227-248.

УДК 621.01

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С АРХИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Беленькая А.Д. студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
belenkayaad@student.bmstu.ru
Скляров Д.А. студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
sklyaovda@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях стремительного технологического развития и роста объема данных предприятия машиностроения сталкиваются с проблемами эффективного управления знаниями. Традиционные методы поиска информации из архивной документации не подходят, так как должны включать в себя поиск из файлов различных расширений, поэтому необходимо внедрять интеллектуальные системы обработки данных. Одним из перспективных решений является система управления знаниями с использованием технологий машинного обучения, которая обрабатывает архивные документы без подключения к Интернету.

Актуальными проблемами являются:

1. Непрерывный рост объема архивных данных означает, что традиционные методы хранения и поиска информации стали неэффективными.

2. Потеря знаний и опыта - отсутствие систематических методов управления знаниями приводит к потере ценной информации.

3. Медленный доступ к данным - ручной поиск архивов занимает много времени.

4. Зависимость от отдельных экспертов -знания все еще существуют в сознании сотрудников, и при их увольнении возникают риски.

5. Отсутствие инструментов автоматизации - использования компаниями искусственного интеллекта недостаточно для сбора и анализа данных.

6. Информационная безопасность - При обработке архивов в цифровом виде необходимо предотвращать утечки и кибератаки, особенно при работе в режиме онлайн.

7. Отсутствие интеграции с производственными системами - фрагментация данных снижает эффективность управленческих решений.

Актуальной задачей является разработка и подтверждение концепции системы управления знаниями для машиностроительного предприятия, которая основана на технологии машинного обучения и работает в автономном режиме с архивной документацией,

предоставленной в разном формате. Система должна обеспечивать автоматизацию обработки, структурирования и поиска информации, повышать скорость принятия решений и защищать интеллектуальный капитал организации.

Система управления знаниями, основанная на искусственном интеллекте, направлена на сбор, анализ, структурирование и предоставление информации сотрудникам компании в удобной форме. Его основные функции включают в себя: 1. Автоматический анализ архивных документов - алгоритмы искусственного интеллекта позволяют обрабатывать большие объемы текстовых данных, выявлять ключевые понятия, взаимосвязь между документами и их релевантность.

2. Поисковая система на основе нейронных сетей - эта система использует обработку естественного языка (Natural Language Processing - NLP) для понимания сложных запросов и предоставления релевантных ответов.

3. Механизм машинного обучения - система адаптируется к конкретной ситуации предприятия с учетом предпочтений пользователей и исторических запросов.

Использование этой системы в машиностроении дает следующие преимущества:

1. Скорость обработки информации - по сравнению с традиционными методами значительно сокращается время на поиск необходимых данных.

2. Снижайте риск потери знаний - систематически сохраняйте и обновляйте опыт компании, устраняя необходимость в отдельных специалистах.

3. Конфиденциальность и автономность – работа без выхода в интернет гарантирует защиту данных от утечек и кибератак.

4. Оптимизация процессов принятия решений – быстрый доступ к архивной документации способствует более обоснованным управленческим решениям.

Система управления знаниями, основанная на машинном обучении, обрабатывает архивные документы в автономном режиме, что является эффективным инструментом для предприятий машиностроения. Его внедрение позволяет повысить уровень автоматизации, ускорить процесс анализа данных и защитить интеллектуальный капитал организации, что поможет повысить конкурентоспособность отрасли в будущем.

Список литературы

1. Davenport T.H., Prusak L. Working knowledge: how organizations manage what they know. Harvard: Harvard Business Review Press, 1998. 273 p. DOI: 10.1145/348772.348775.
2. Alavi M., Leidner D.E. Managing Organizational Knowledge: The Role of Information Technology // Information Systems Research. 2001. V. 12. № 1. Pp. 36-55.
3. Wang J., Xu C., Zhang J., Zhong R.Y. Big Data analytics in manufacturing: a review // Journal of Manufacturing Technology Management. 2021. V. 62 (2). DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.03.005.

УДК 656.01

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛОГИСТИКИ В РОССИИ

Борисов М.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
borisovmi@student.bmstu.ru
Шевченко А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
shevchenkoaa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Пилюгина А.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

При проведении анализа потенциала квантовых вычислений для оптимизации управления производством и логистики в России, исследователи выделяют тезис, что классические методы сталкиваются с экспоненциальной сложностью задач. Квантовые алгоритмы, основанные на принципах квантовой механики, предлагают новые подходы к обработке информации.

В работе анализируются теоретические основы, перспективы применения в производственных процессах и логистических сетях России, а также текущее состояние и вызовы внедрения этих технологий.

Мировой экономический кризис, пандемия COVID-19 и санкции оказали ощутимое влияние, подчеркнув неэффективность классической логистики и важность цифровизации и автоматизации процессов [1]. Глобализация и усложнение производственных систем в России требуют эффективных методов оптимизации, которые часто являются NP-трудными (класс проблем, решение которых требует экспоненциального времени на классических компьютерах: например, оптимизация маршрутов или распределения ресурсов) для классических компьютеров.

Квантовые вычисления, использующие суперпозицию и запутанность, способны решать определенные задачи значительно быстрее [2]. Особый интерес представляет применение квантовых алгоритмов для комбинаторной оптимизации в управлении производством и логистике. Прогнозируется значительный рост мирового и российского рынков квантовых вычислений к 2030-2040 годам.

Целью исследования является анализ перспектив, состояния и вызовов использования квантовых вычислений в этих секторах российской экономики. Квантовые биты (кубиты - базовые единицы квантовой информации, способные находиться в суперпозиции состояний (0 и 1 одновременно), что обеспечивает экспоненциальный рост вычислительной мощности) могут находиться в суперпозиции состояний, а системы из N кубитов представляют 2 в степени N состояний. Суперпозиция позволяет кубиту обрабатывать множество состояний одновременно, а запутанность связывает их состояния даже на расстоянии, усиливая параллелизм вычислений. Запутанность связывает состояния кубитов независимо от расстояния. Квантовые алгоритмы, такие как Шора (применяется для факторизации больших чисел) и Гровера (ускоряет поиск в неупорядоченных базах данных), демонстрируют теоретическое превосходство. Для оптимизации разрабатываются квантовый отжиг и QAOA (Quantum Approximate Optimization Algorithm) — алгоритм для приближенного решения задач оптимизации, использующий квантовые принципы.

Многие производственные задачи являются задачами комбинаторной оптимизации. В логистике вычисления могут применяться для решения задачи коммивояжера, оптимизации маршрутов доставки, управления запасами и координации транспортных потоков в сложных, комплексных транспортных системах [2].

Квантовые алгоритмы, такие как QAOA и квантовый отжиг (метод поиска глобального минимума в задачах комбинаторной оптимизации), могут оптимизировать планирование и составление графиков на машиностроительных заводах, распределение ресурсов и технологические процессы, повышая производительность и снижая затраты.

Гибридные квантово-классические подходы (VQE (Variational Quantum Eigensolver), QAOA), сочетающие квантовые вычисления для обработки сложных данных с классическими методами для коррекции решений, показывают конкурентные результаты.

Логистика и управление цепями поставок также содержат сложные задачи оптимизации. Квантовые подходы, включая квантовый отжиг, могут оптимизировать маршруты (VRP, TSP) для логистических компаний, особенно в регионах с большими расстояниями, управление цепями поставок, складские запасы и мультимодальные перевозки, сокращая расходы и время доставки.

Россия активно развивает квантовые технологии в рамках программы «Цифровая экономика». Координатором является Росатом, который развивает квантовые компьютеры на различных платформах. Российский квантовый центр (РКЦ) ведет научные исследования и разработал 50-кубитный квантовый компьютер. Ведущие университеты (МГУ, НИТУ «МИСиС», Сколтех) также вносят вклад. Создана облачная платформа QBoard для доступа к квантовым симуляторам. Вызовы включают технологическую незрелость, высокую стоимость, дефицит кадров и необходимость разработки алгоритмов. Несмотря на это, перспективы в России многообещающие благодаря государственной поддержке и научному потенциалу. Планируется создание 75-кубитного квантового компьютера к 2025 году [3].

Квантовые вычисления обладают значительным потенциалом для оптимизации управления производством и логистики в России, повышая производительность и снижая затраты. Активные исследования и разработки, в том числе в России, позволяют с оптимизмом смотреть на перспективы практического применения, хотя для реализации этого потенциала необходимы дальнейшие инвестиции и подготовка кадров.

Список литературы

1. Котилко В.В. Квантовые технологии и логистика будущего // Вестник Восточно-Сибирской открытой академии. 2025. № 56. URL: www.es.rae.ru/vsoa/231-1556 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Шеожева Э.Х. Потенциал квантовых вычислений в управлении формированием комплексных транспортных систем // Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации (Социальный инженер-2023) (Москва, 11–15 декабря 2023 года): сборник материалов Международной научной конференции молодых исследователей. Москва: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). 2023. С. 101-102.
3. Гостяев Я.А., Курбанов А.Х., Клепко В.В. Квантизация материальных потоков как направление совершенствования логистики Вооруженных Сил Российской Федерации // Вестник военной академии материально-технического обеспечения. 2024. № 4 (40). С. 104-105.

УДК 656.025

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.

Вареник В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
varenikvv@student.bmstu.ru
Шитова М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
shitovama@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Устойчивое развитие становится приоритетным направлением для множества отраслей, включая сектор грузоперевозок. Грузоперевозки, являясь ключевым элементом экономической инфраструктуры и социальной сферы, вносят существенный вклад в развитие общества. Однако их деятельность сопровождается значительным воздействием на окружающую среду и общество. По данным РОССТАТ, в 2023 году 71,6% грузов было перевезено автомобильным транспортом, 15,10% — железнодорожным, 1,7% — водным и воздушным, а оставшиеся 11,7% — трубопроводным. [1] Видно, что автомобильный транспорт занимает значительную долю грузоперевозок, при этом из всех видов транспорта именно он приносит наибольший урон окружающей среде, выбросы парниковых газов от автомобильного транспорта составляют около 70% от доли выбросов всего транспорта. Внедрение экологически устойчивых практик в сфере грузоперевозок, включая переход на более экологичные виды транспорта и оптимизацию маршрутов, представляет собой важный шаг в снижении антропогенного воздействия на окружающую среду. Оптимизация маршрутов, основанная на анализе больших данных, способствует сокращению времени в пути, снижению расхода топлива и уменьшению выбросов вредных веществ. Такие меры не только способствуют достижению целей устойчивого развития, но и обеспечивают экономическую выгоду за счет снижения эксплуатационных затрат.

Важной стратегией для достижения устойчивого развития в грузоперевозках является развитие мультимодальных перевозок. Мультимодальные перевозки представляют собой доставку грузов с использованием нескольких видов транспорта. Особенностью является то, что на протяжении всего маршрута ответственность за перевозку несет одна логистическая компания, с которой заказчик заключает договор о смешанной перевозке, она берет на себя организацию всех операций и отслеживает перемещение груза. Помимо мультимодальных, существуют интермодальные перевозки, которые так же подразумевают перевоз груза двумя и более видами транспорта, поэтому некоторые организации не различают эти понятия, однако различие имеется. В интермодальных перевозках заказчик заключается договор с несколькими компаниями перевозчиками и ответственность между ними распределяется равномерно [2]. Эти подходы позволяют комбинировать преимущества различных способов транспортировки, минимизировать затраты и сокращать время доставки. В настоящее время механизм работы системы мультимодальных грузоперевозок не столь надежен и разбит на части. Эффективное управление такими перевозками требует разработки сложных математических моделей и информационных систем, способных учитывать множество факторов: виды транспорта, ограничения пропускной способности, временные и стоимостные параметры [3].

Последние годы наблюдается активное развитие информационно-коммуникационных технологий, что способствует созданию множества специализированных платформ, направленных на оптимизацию процессов обмена данными о транспортных потребностях и доступных ресурсах. Такие платформы предоставляют поставщикам транспортных услуг возможность интегрировать актуальную информацию о текущих задержках, дорожной

обстановке и других оперативных данных в процессы планирования, включая расчет необходимого количества транспортных средств и доступного персонала.

Несмотря на потенциал подобных решений, их эффективная реализация возможна лишь при условии активного участия и готовности основных заинтересованных сторон к обмену информацией. Основными ограничениями, препятствующими широкому внедрению таких платформ, являются вопросы доверия между участниками, конфиденциальность данных, а также необходимость обеспечения справедливого распределения затрат и выгод среди всех вовлеченных сторон.

Список литературы

1. Росстат. Перевозки груза по видам транспорта: URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/PerevGruz-01-2025.xlsx (Дата обращения 07.03.2025).
2. Мезенцева Е.Д., Прохорова Л.В. Мультимодальные перевозки: особенности и риски // Общество, экономика, управление. 2021. Т. 6., № 1. С. 29–31.
3. Gul Fareed A., De Felice F., Forcina A., Petrillo A. Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review // Sustainable Futures. – 2024. DOI: 10.1016/j.sftr.2024.100278.

УДК 004.4

РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ РУТИННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОМОЩИ RPA И ИХ ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Глебов И.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
iglebov2003@gmail.com
Научный руководитель: Вашлаев А.Д., к.э.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современные рабочие процессы все больше подвергаются рутинизации, творческая деятельность все чаще трансформируется в последовательность механических операций, строго регламентированных инструкциями. Со временем достигается определённый минимальный временной порог выполнения задач, однако при этом не наблюдается развитие человеческого потенциала. Подобная ситуация характерна для предприятий различных масштабов. Одним из эффективных методов решения данной проблемы является автоматизация, которая предполагает применение технических средств, систем управления, а также экономико-математических методов с целью частичного или полного исключения участия человека в процессах.

Подходы к автоматизации зависят от специфики конкретного бизнес-процесса. Например, в промышленном производстве целесообразно внедрение роботизированных систем, а в области документооборота – программной роботизации. В данной статье основное внимание уделяется технологии роботизированной автоматизации процессов (Robotic Process Automation, RPA), которая предусматривает использование программных роботов для выполнения повторяющихся задач, основанных на заранее определённых правилах.

Программные роботы подразделяются на две основные категории [1]:

1. Управляемые роботы (attended robots) – предназначены для работы в сотрудничестве с пользователем. Они помогают автоматизировать рутинные операции, инициируются непосредственно пользователем или в ответ на определённые события. Данные роботы функционируют на тех же вычислительных мощностях, что и пользователь, выполняя задачи параллельно с его основной деятельностью.

2. Неуправляемые роботы (unattended robots) – работают автономно, без участия человека. Они используются для длительных или полностью автоматизированных процессов. Управление данными роботами осуществляется через Оркестратор – специализированное веб-приложение, координирующее их работу. Такие роботы могут функционировать на любых серверах или компьютерах, подключённых к Оркестратору, однако чаще всего используются выделенные вычислительные мощности.

Технология RPA широко используется в различных сферах бизнеса, включая:

- Бухгалтерию (формирование актов сверки, проверка корректности остатков по счетам);
- Кадровое делопроизводство (HR) (создание графиков отпусков, ведение табеля учёта рабочего времени);
- Документооборот (автоматическое заполнение полей документов, контроль почтовых отправлений с уведомлением адресатов);
- Информационные технологии (сброс паролей, автоматическая регистрация и закрытие обращений);
- Финансы (автоматизация договорных процессов, управление платежами, взаимодействие с банковскими системами);
- Закупки (контроль исполнения годового плана закупок, автоматизация заявок на закупку).

Существует три основных подхода к внедрению RPA-решений в бизнес-процессы:

1. Разработка собственной RPA-системы и программных роботов. Данный вариант подходит крупным предприятиям, которым необходимо полное управление процессом автоматизации и масштабируемость решений. Однако он требует значительных финансовых и временных затрат.
2. Приобретение лицензии на RPA-систему с последующим заказом разработки робота у сторонних специалистов. Такой подход оптимален для малых и средних компаний, которым необходима автоматизация отдельных процессов без значительных инвестиций в разработку. Однако следует учитывать дополнительные затраты на поддержку внедрённых решений.
3. Приобретение лицензии на RPA-систему с самостоятельной разработкой программных роботов. Этот вариант подходит компаниям, обладающим внутренними компетенциями в области программирования и автоматизации. Он позволяет снизить затраты на разработку, но требует наличия квалифицированных специалистов.

Таким образом, технология роботизированной автоматизации процессов является эффективным инструментом для оптимизации рутинных операций в различных сферах бизнеса. Существуют как управляемые, так и неуправляемые программные роботы, позволяющие автоматизировать процессы с различной степенью участия человека. Внедрение RPA-решений возможно тремя основными способами, выбор которых зависит от масштаба бизнеса и его потребностей в автоматизации.

Список литературы

1. Robot User Guide. Attended Vs Unattended Robots // UiPath Documentation URL: https://docs.uipath.com/Robot/standalone/2023.4/user-guide/attended-vs-unattended-robots (Дата обращения 23.03.25).

УДК 621.38

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЧЕЧНЫХ КАМНЕЙ: НЕИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД

Голубев Н.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
gna22b063@student.bmstu.ru
Чупис С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
sergei.chupis@mail.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

На сегодняшний день большое внимание уделяется устойчивому развитию, которое отражает социальные, экономические и экологические аспекты. Социальное развитие оказывает значительное влияние на все перечисленные сферы. Кроме того, оно создает общественную, экономическую и экологическую ценность, что в дальнейшем приведет к устойчивости предприятий и окружающей среды в целом. Важные исследования в области социального развития посвящены применяемым инновациям и технологиям, в том числе в медицинской сфере.

Одним из наиболее распространённых урологических нарушений в медицине является мочекаменная болезнь (МКБ), характеризующаяся образованием минеральных конкрементов в чашечно-лоханочной системе почек. Наличие таких образований может привести к ряду осложнений, включая почечные колики, инфекции, обструкцию мочевыводящих путей и гематурию.

Частота возникновения мочекаменной болезни колеблется от 1.7% до 14.8% в зависимости от страны, что делает её значимой медицинской проблемой [1]. В связи с этим широко применяются различные методы диагностики почечных камней, которые можно разделить на инвазивные (с извлечением камня) и неинвазивные (без извлечения). Неинвазивные методы, такие как ультразвук и рентгенография, позволяют определить размер и расположение конкремента, но не детальный состав камня. Для этого применяются инвазивные исследования, имеющие ряд недостатков, ограничивающих их применение в клинической практике. К таким можно отнести травматичность и дискомфорт для пациента, осложнения после процедур, ограниченная профилактика.

Таким образом, поиск новых методов диагностики приобретает все большую актуальность в связи с необходимостью точного, безопасного и быстрого анализа состава камня без хирургического вмешательства, что позволит врачам сразу назначить правильное лечение. К таким можно отнести использование сцинтилляционного детектора [2]. Данный метод диагностики позволяет определить химический состав конкрементов, не прибегая к хирургическому вмешательству.

Метод использует рентгенофлуоресценцию (РФА) и Комптоновское рассеяние, которые позволяют идентифицировать элементный состав камня [3]. Рентгеновские фотоны взаимодействуют с атомами внутри камня, вызывая испускание вторичных фотонов, которые затем регистрируются сцинтилляционным детектором.

Первичное рентгеновское излучение в диапазоне 0.06–0.6 нм (60-120 кэВ) проникает через мягкие ткани и взаимодействует с почечными камнями. Вторичные фотоны, возникающие в результате рентгенофлуоресценции, имеют характерные длины волн, соответствующие составу камня. Сцинтилляционный материал преобразует эти фотоны в световое излучение (350-600 нм), регистрируемое детектором [2].

Как можно заметить, первичное рентгеновское излучение имеет куда большую длину волны - оно должно быть достаточно мощным, чтобы проникнуть через ткани и вызвать

характерное излучение в камне. При все этом должен быть запас энергии (60-120 кэВ), который позволит учесть потери энергии в мягких тканях.

Рентгенофлуоресценция позволяет определять химический состав камня без его извлечения, так как каждый элемент (Ca, P, Mg, C, S) испускает фотоны определённой энергии, которые улавливает сцинтилляционный детектор, что даёт возможность классифицировать камень.

Однако, стоит также учитывать, что определению камня могут препятствовать различные шумы, возникающие на экране детектора. Для их устранения можно использовать: - коллиматоры для направления рентгеновского пучка только на область почек; - амплитудная дискриминация для отсечения флуктуаций низкой интенсивности; - цифровые алгоритмы обработки для фильтрации паразитных импульсов.

Конечно, возникает закономерный вопрос – безопасен ли подобный метод анализа почечных камней? Сцинтилляционный детектор сам по себе не излучает радиацию, а только фиксирует излучение. Оптимизированная доза рентгеновского излучения (≤0.5 мЗв) с использованием малого количества энергии (60-120 кэВ) снижает до минимума риск повреждения тканей, поэтому данный метод является вполне безопасным, а применение коллиматоров минимизирует рассеянное излучение, снижая тем самым нагрузку на организм.

Таким образом, предложенный метод безопасен, эффективен и может стать альтернативой инвазивным процедурам для диагностики почечных камней.

Список литературы

1. Khan S.R. et al. Kidney stones // Nature reviews Disease primers. 2016. V. 2. № 1. Pp. 1-23. DOI: 10.1038/nrdp.2016.8.
2. Yanagida T. Inorganic scintillating materials and scintillation detectors // Proceedings of the Japan Academy, Series B. 2018. V. 94. № 2. Pp. 75-97.
3. Fuchs M. et al. Anomalous nonlinear X-ray Compton scattering // Nature Physics. 2015. V. 11. № 11. Pp. 964-970.

УДК 659.4.012

АНАЛИЗ КАРТЫ ПУТЕШЕСТВИЯ КЛИЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Горинчой Е.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
gorinchoyeue@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Имитационное моделирование - метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Зачастую нельзя найти решение проблемы, путем проведения натурных экспериментов, поэтому строится модель реальной системы. Одним из самых используемых видов имитационного моделирования является агентное моделирование [1].

Агентное моделирование — это метод имитационного моделирования, который за последние несколько лет нашел множество применений, в том числе для решения реальных бизнес-задач [2]. Переход к агентному моделированию вызван развитием технологий и желанием глубже изучить системы, которые трудно описать при помощи традиционных методов. Особенно популярным применение агентного моделирования стало в области маркетинга при управлении клиентским опытом, благодаря способности моделировать взаимодействие клиентов с продуктами или услугами на различных жизненных этапах. Одним

из ключевых направлений применения агентных моделей является анализ карты путешествия клиента.

Карта путешествия клиента — это методология анализа последовательности пользовательского поведения, его эмоционального состояния в определенный период и определения направлений улучшения продукта/услуги. Она включает в себя различные этапы, точки контакта и боли клиентов.

Основными задачами, которые решает карта путешествия клиентов являются: - Усиление лояльности аудитории, - Повышение эффективности рекламных компаний, - Улучшение взаимодействия членов команды друг с другом, - Анализ целевой аудитории.

Каждая задача карты путешествия клиента разбивается на модули и слои, а также исследуется в динамике, что определяет сложность процесса создания карты. Это является наиболее важным минусом, из-за которого многие компании не используют данный инструмент анализа. Использование агентного моделирования позволяет сократить трудоемкость создания карты путешествия клиентов и сделать данный метод анализа более доступным.

При моделировании потребительского рынка агентом выступает клиент, с различными заданными характеристиками: количество, пол, возраст, интересы и др., а взаимодействие с ними можно представить в виде различных действий. Агентное моделирование позволит запустить потоки с разными периодами, из разных каналов коммуникации, изменять условия среды, агрегировать данные и симулировать различные ситуации на рынке. В зависимости от степени удовлетворенности клиента от покупки, агентное моделирование позволит оценить лояльность аудитории к бренду.

В рамках второй задачи событиями в модели будут являться множество рекламных сообщений, которые встречают на своем пути потребители. Это позволит оценить реакцию потребителей на объявления, окупаемость вложений и количество лидов.

Проведение геоаналитики является важной частью агентного моделирования. Благодаря опции проведения такого исследования, открывается возможность таргетирования рекламы в зависимости от текущего местоположения клиента, его места жительства, мест массового скопления целевой аудитории [3].

Безусловно, каждая компания стремится понять и проанализировать, что и в какой степени влияет на решение клиента о покупке товара, но кроме качества существует бесчисленное количество факторов, влияющих на потребителей. Без моделирования поведения, рассмотрения изменения процессов в динамике, изучения субъектов и факторов, влияющих на принятия решения, невозможно эффективно управлять сложными процессами. Поэтому агентное моделирование является важным и мощным инструментом, который будет только развиваться и приобретать новые формы использования.

Список литературы

1. Скворцова Д.А. и др. Разработка гибридной имитационной модели сборочного цеха // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15. № 5. С. 1359-1379. 10.20537/2076-7633-2023-15-5-1359-1379.
2. Bonabeau E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems // Proceedings of the national academy of sciences. 2002. V. 99. № suppl_3. С. 7280-7287. DOI: 10.1073/pnas.082080899.
3. Лебедюк Э.А. Агентное моделирование: состояние и перспективы // Вестник Российского экономического университета им. ГВ Плеханова. 2017. № 6 (96). Pp. 155-162.

УДК 339.138; 004.03

УМНЫЕ МАРКЕТИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ: НЕЙРОСЕТИ И КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВ ТРАДИЦИОННЫХ ПОДХОДОВ

Горшенина А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
gorshenina-2004@mail.ru
Степанова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
stpnv.ea@yandex.ru
Научный руководитель: Шиболденков В.А., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современные маркетинговые информационные системы (МИС) представляют собой сложные платформенные решения, интегрирующие процессы сбора, обработки, анализа данных и разработки стратегических решений. Однако в условиях высокой изменчивости рыночной среды традиционные МИС, функционирующие на основе статических алгоритмов и требующие ручного ввода данных, демонстрируют снижение эффективности. Их ограниченная адаптивность и неспособность оперативно реагировать на изменения в поведении потребителей создают необходимость в новых подходах. На смену традиционным МИС приходят нейросетевые и когнитивные технологии, обеспечивающие более высокий уровень автоматизации, прогнозирование и персонализированное взаимодействие с пользователями. Искусственный интеллект в маркетинговых системах не только ускоряет обработку данных, но и повышает точность аналитических выводов, минимизируя вероятность субъективных ошибок. Это особенно актуально в контексте больших данных, где высокие объемы, разнородность и скорость поступления информации требуют принципиально новых методов обработки.

Базовая архитектура маркетинговых информационных систем включает три ключевых этапа: сбор данных, аналитическую обработку и реализацию решений. На этапе сбора данные поступают из различных источников, включая транзакционные системы, социальные сети, устройства Интернета вещей (IoT) и геолокационные сервисы. Одним из существенных ограничений традиционных МИС является проблема фрагментации данных и низкое качество информации, требующее ручной верификации. Например, дублирование записей или ошибки при вводе клиентских данных могут снижать точность маркетингового анализа. Современные МИС, основанные на нейросетевых технологиях, применяют методы машинного обучения для автоматизированной очистки и верификации данных. Алгоритмы глубокого обучения позволяют устранять шумы, восстанавливать пропущенные значения и выявлять аномалии. Например, свёрточные нейронные сети анализируют визуальный контент, автоматически распознавая бренды на изображениях, а рекуррентные нейронные сети прогнозируют спрос на товары и услуги на основе временных рядов.

На этапе аналитической обработки традиционные маркетинговые системы ограничены использованием линейных моделей и заранее заданных правил, что снижает их способность выявлять сложные взаимосвязи. В современных условиях маркетинг требует более гибких подходов, поэтому нейросетевые и когнитивные системы заменяют ручной анализ автоматизированными алгоритмами. Они позволяют обнаруживать скрытые корреляции, которые неочевидны при традиционных методах анализа. Когнитивные МИС расширяют возможности аналитической обработки за счет применения методов семантического анализа и обработки естественного языка [1]. Они анализируют тональность текстовых отзывов, выделяют темы обсуждений и оценивают контекст коммуникаций, позволяя выявлять важные поведенческие паттерны пользователей.

На этапе реализации решений традиционные МИС предоставляют рекомендации, которые требуют дополнительной адаптации под различные каналы коммуникации, что

увеличивает временные и финансовые затраты. В отличие от них, нейросетевые и когнитивные МИС используют генеративные модели, такие как GPT-4 и DALL-E, для автоматического формирования персонализированного контента [2]. Они могут генерировать текстовые материалы для email-рассылок, рекламные изображения и видеоролики, адаптированные под целевую аудиторию.

Дополнительно когнитивные алгоритмы позволяют оптимизировать таргетинг рекламы, учитывая не только демографические характеристики пользователей, но и контекстуальные факторы: если анализ социальных сетей выявляет негативный тренд, связанный с определенным продуктом, система способна автоматически корректировать рекламную кампанию в режиме реального времени, минимизируя репутационные риски.

Ключевым преимуществом современных МИС перед традиционными аналогами является их способность к непрерывному обучению. В то время как классические МИС требуют периодического обновления аналитических моделей, нейросетевые системы динамически адаптируются к поступающим данным, обеспечивая высокую актуальность прогнозов. Кроме того, когнитивные системы эффективно работают с неструктурированными данными, такими как изображения, аудиофайлы и видеоматериалы, что расширяет их возможности анализа пользовательского поведения [3].

Будущее маркетинговых информационных систем связано с развитием гибридных моделей, объединяющих вычислительную эффективность нейросетей с прозрачностью когнитивных алгоритмов. Дополнительные перспективы открываются благодаря интеграции с технологиями IoT и блокчейна: первые расширяют базу данных за счет сенсоров, фиксирующих пользовательскую активность в реальном времени, а вторые повышают безопасность транзакций и анонимность обработки данных. В перспективе интеграция с передовыми технологиями приведет к формированию самообучающихся маркетинговых экосистем, способных в режиме реального времени реагировать на изменения рыночной среды и предпочтения потребителей.

Список литературы

1. Павлов М.А., Шиболденков В.А. Когнитивный подход к бизнес-аналитике при оценке цифровых рисков безопасности в процессе внедрения новых технологий // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15. № 3. DOI 10.18334/epp.15.3.122783.
2. Калиновская И.Н., Дунец Н.В., Масейко М.С. Использование искусственного интеллекта в маркетинговых исследованиях поведения потребителей // Молодой ученый. 2018. № 33 (219). С. 42-45.
3. Бурханов Т.Р., Кошель В.А. Роль нейросетей в маркетинговом продвижении компании на b2c рынке // Практический маркетинг. 2023. № 12. DOI 10.24412/2071-3762-2023-12318-4-10.

УДК 338.3

ПРОТИВОРЕЧИЯ В ПРОЦЕССЕ ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Грузнов А.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
gruznov.ar@mail.ru
Научный руководитель: Горлачева Е.Н., д.э.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В результате анализа закупочной деятельности крупных промышленных предприятий [1] и их процессной модели закупочной деятельности были выявлены следующие противоречия:

–в формировании и планировании потребности в закупаемой номенклатуре. В связи с возможностью корректировок потребности в закупаемой номенклатуре, отсутствия своевременного уведомления участников процесса закупочной деятельности возникают ряд противоречий, связанных с качеством подготовки закупочной документации, выносимой на закупочную комиссию, качеством проведения анализа рынка контрагентов с эффективностью проведения инвестиционной программой, налаживанием партнёрских отношений с контрагентами, управлением запасами, исполнением категорийной стратегии для исполнения Распоряжения Правительства по развитию авиационной отрасли до 2030 г. Вместе с тем для производства уникальной продукции (единичное производство) отсутствуют статистические данные по ее формированию и ее дальнейшему планированию, что влияет на ценообразование и бюджетирование. Вместе с тем из-за описываемой возможной корректировки потребности в номенклатуре возникает необходимость проведения процедуры заново или проведения преддоговорных переговоров по увеличению потребности в закупаемой номенклатуре, что увеличивает длительность закупочной процедуры, способствует нарушению бесперебойного функционирования крупных промышленных предприятий и снижает результативность закупочной деятельности;

– в ценообразовании. В связи с тем, что существует возможность корректировок потребности в закупаемой номенклатуре, что влияет на ценовую информацию в процессе подготовки закупочной документации, и отсутствием однозначного понимания формирования НМЦ для закупок с эквивалентной продукцией, увеличивается риск несостоявшейся закупочной процедуры, что влияет на длительность поставки необходимой номенклатуры [2 – 3] и своевременного оказания услуг, неисполнение категорийной стратегии и срыв сроков поставки по стратегически важным контрактам, повышение себестоимости производимой продукции, неисполнение бюджетной компании, снижение лояльности контрагентов и заинтересованности в сотрудничестве. Вместе с тем во многих крупных промышленных предприятиях при формировании ТЗ указывается диапазон технических характеристик, а на этапе формирования НМЦ учитываются только экономические характеристики без привязки к техническим, что снижает качество подготовки закупочной документации и результативность закупочной деятельности;

– в коммуникационной составляющей между соответствующими структурными подразделениями головной организацией и дочерними обществами, а также между структурными подразделениями крупного промышленного предприятия. В связи с тем, что отсутствует однозначное понимание процесса взаимодействия между головной организацией и дочерними обществами, а также между структурными подразделениями крупного промышленного предприятия, возникают конфликты интересов, нерационально используются ресурсы структурных подразделений и предприятия в целом, увеличивается длительность закупочной процедуры, снижается эффективность горизонтального взаимодействия сотрудников структурных подразделений, увеличивается стоимость закупаемой номенклатуры, не исполняется бюджетная компания, что ведет к увеличению себестоимости производимой продукции и неисполнению Распоряжений Правительства по развитию авиационной отрасли;

– в оценке результативности закупочной деятельности крупного промышленного предприятия. В связи с тем, что во многих крупных промышленных предприятиях отсутствует единая база оценки результативности закупочной деятельности, что способствует некорректному сравнению результатов хозяйственной деятельности крупных промышленных предприятия на сопоставимых условиях;

– в бюджетировании. Описанные ранее противоречия способствуют неисполнению бюджетной компании – перерасходование денежных средств, снижению инвестиционной привлекательности крупного промышленного предприятия на отечественном рынке и на мировой арене, повышению себестоимости производимой продукции и неисполнению соответствующих Распоряжений Правительства.

Список литературы
1. Воронова Д.Ю., Николаева А.Г., Бережная Л.Ю. Логистика закупок: учеб. пособие СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. 271 с.
2. Родионова В.Н., Туровец О.Г. Теория менеджмента: теория организации: учебное пособие / 2-е изд., доп. Воронеж: Издательскополиграфический центр «Научная книга», 2020. 178 с.
3. Плетнева Н.Г., Управление запасами в цепях поставок в 2 Ч. Часть 1: Учебник и практикум / Н. Г. Плетнева, В. С. Лукинский, В. В. Лукинский и др. 1-е изд. Москва: Издательство Юрайт, 2018. 307 с.

УДК 338.2

БАНКОВСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ГЛАЗАМИ КЛИЕНТОВ: АНАЛИЗ ВОСПРИЯТИЯ И ПОТРЕБНОСТЕЙ

Давыдова А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
alise.davydova@yandex.ru
Научный руководитель: Волкова М.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультета «Инженерный бизнес и менеджмент»

Работа исследует восприятие банковских экосистем пользователями, их ожидания и удовлетворенность новыми финансовыми и нефинансовыми услугами. Актуальность обусловлена цифровизацией, в ходе которой банки переходят от традиционных услуг к многофункциональным платформам, объединяющим разнообразные сервисы.

Цифровая экосистема — совокупность сервисов и платформенных решений одной группы компаний или её партнёров, предоставляющих пользователям разнообразные продукты и услуги в едином интегрированном процессе, включая как закрытые, так и открытые платформы [1].

Причины появления банковских экосистем связаны с цифровой трансформацией, повышением требований к качеству услуг и конкуренцией с IT-компаниями. Экосистемы создаются для выхода на новые рынки и расширения продуктового портфеля.

Стратегия создания экосистемы начинается с ядра — базового сервиса, которым для банков является мобильное приложение, расширяющее традиционные финансовые услуги через онлайн-банкинг. Стратегии могут быть направлены на удовлетворение одной ключевой потребности или охват широкого спектра нужд.

Мультинаправленная экосистема коммерческих банков направлена на обеспечение масштаба и присутствие в максимальном количестве продуктовых вертикалей. Эта стратегия включает активное внедрение нефинансовых B2B и B2C-сервисов, как через собственные разработки, так и через приобретение сторонних компаний. Ключевым элементом успешной экосистемы является интеграция AI-стратегии, которая позволяет собирать и эффективно использовать данные о клиентах.

Традиционные методы удержания пользователей в экосистемах включают программы лояльности, подписки, идентификаторы, Pay-сервисы и чат-ботов. Эти инструменты помогают глубже понять потребности клиентов, способствуют кросс-продажам и мотивируют пользователей пробовать новые продукты.

Нетрадиционные методы удержания пользователей в экосистемах, направленные на привлечение внимания и развлечение клиентов, включают релевантный контент, геймификацию и социальную коммерцию. Они усиливают узнаваемость бренда, укрепляют лояльность и создают эмоциональную привязанность к экосистеме.

Банковское мобильное приложение — ключевой фактор выбора банка пользователем, поскольку оно становится основным каналом взаимодействия, обеспечивая удобство,

скорость и надежность дистанционного обслуживания. Это приложение не только позволяет получать информацию о новых продуктах и услугах, но и стимулирует использование банковских предложений, включая программы лояльности и бонусы. При этом большинство клиентов воспринимает мобильное приложение как инструмент для финансовых услуг, а не как платформу для размещения небанковских сервисов и внедрения инновационных продуктов [2].

Наиболее привлекательными для пользователей являются экосистемы, которые предоставляют гибкость в выборе и комбинировании различных сервисов, а также обеспечивают значительную экономию средств. Поскольку многие пользователи остаются нелояльными к конкретным экосистемам, цена и возможность выбора становятся ключевыми факторами при принятии решений. Также лояльность клиентов повышают такие факторы как безопасность, персонализация и качество обслуживания. Несмотря на интерес к большему разнообразию услуг, пользователи отдают предпочтение компаниям, развивающимся в пределах своей ключевой компетенции. Соответственно, расширение банковского спектра услуг за пределы финансовой сферы вызывает преимущественно негативное восприятие у большинства клиентов [3].

В результате исследования было установлено, что пользователи продолжают воспринимать банки как поставщиков исключительно финансовых услуг, не ощущая себя частью экосистемы и не привязываясь к какому-либо бренду. Пользователи склонны ограничиваться преимущественно мобильными приложениями, не исследуя другие доступные сервисы и продукты банковских экосистем.

Список литературы

1. Экосистемы: Подходы к регулированию // Банк России. 2021. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/119960/Consultation_Paper_02042021.pdf (Дата обращения 04.04.2025).
2. Б1: «Критерии выбора банков и банковских продуктов среди розничных клиентов» URL: https://b1.ru/analytics/bank-survey-may-2023/ (Дата обращения 04.04.2025).
3. «Платформа». Центр социального развития: «Потребитель в мире экосистем: новый опыт и риски будущего» // Лаборатория ритейла. 2021. В. 10. URL: https://pltf.ru/wp-content/uploads/2021/11/potrebitel-v-mire-ekosistem.pdf (Дата обращения 04.04.2025).

УДК 338

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В МЕТАЛЛУРГИИ

Елохов Е.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
elokhovegor@gmail.com
Научный руководитель: Вашлаев А.Д., к.э.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современные металлургические предприятия сталкиваются с необходимостью обработки значительных объёмов нормативно-технической документации, что требует оптимизации процессов поиска и анализа данных. Внедрение больших языковых моделей (LLM), основанных на архитектуре трансформеров с механизмом самовнимания представляет собой перспективное технологическое решение [1]. На примере ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) проведена комплексная оценка экономической эффективности интеграции LLM (англ. large language Models, большие языковые модели), включая анализ затрат, расчёт потенциальной выгоды и оценку влияния на операционную деятельность.

Основу методологии составил анализ архитектуры LLM, включая механизмы самовнимания (self-attention) и позиционного кодирования. Финансовые модели базировались на данных о трудозатратах сотрудников, стоимости внедрения LLM 20 млн рублей и прогнозируемом снижении издержек. Для расчёта срока окупаемости 2,3 года использовались методы машинного обучения, адаптированные к специфике промышленного сектора. Функциональность таких моделей позволяет автоматизировать процессы поиска, классификации и генерации текстовой информации [2].

Автоматизация процессов поиска информации с помощью LLM позволяет сократить временные затраты на 60–80%, что эквивалентно экономии 134 млн рублей ежегодно для предприятия с численностью 1000 сотрудников. Ключевой эффект достигается за счёт перераспределения трудовых ресурсов на стратегические задачи. Применение LLM снижает риски ошибок, связанных с человеческим фактором, на 40%, что подтверждается исследованиями в металлургической отрасли.

Тонкая настройка LLM на корпоративных данных ММК позволяет оптимизировать обработку технической документации, включая автоматизацию составления отчётов. Интеграция с ERP-системами (англ. enterprise resource planning, планирование ресурсов предприятия) и использование облачных решений снижают эксплуатационные расходы на 15–20%, нивелируя риски высокой стоимости GPU-оборудования (англ. graphics processing unit, графический процессор).

Реализация проекта в ПАО ММК демонстрирует рентабельность LLM для промышленного сектора. Экономия 134 млн рублей в год и сокращение бумажного документооборота на 40% соответствуют принципам ESG-трансформации. Критическими факторами успеха выступают поэтапная интеграция и мониторинг надёжности выводов моделей [3].

Список литературы

1. Attention Is All You Need // URL: https://arxiv.org/abs/1706.03762 (Дата обращения 03.04.2025).
2. Что такое большие языковые модели (LLM)? // Microsoft Azure. URL: https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/cloud-computing-dictionary/what-are-large-language-models-llms (Дата обращения 03.04.2025).
3. Применение методов машинного обучения для оптимизации производственных процессов в металлургической промышленности // КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-mashinnogo-obucheniya-dlya-optimizatsii-proizvodstvennyh-protsessov-v-metallurgicheskoy-promyshlennosti (Дата обращения 03.04.2025).

УДК 004.043, 62-52

РАЗРАБОТКА ВИТРИНЫ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ПРИМЕРЕ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА МАШИНЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Ершова Е.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
katrin-3-2000@mail.ru
Титова А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
titovaad@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современные металлургические предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности и надежности производственных процессов. В условиях высокой

конкуренции и стремления к минимизации затрат важным является мониторинг и анализ параметров литья в режиме реального времени. Существующие методы обслуживания оборудования часто недостаточно эффективны, что приводит к увеличению производственных простоев и затрат.

Машина непрерывного литья заготовок (далее МНЛЗ) — установка, преобразующая жидкую сталь в твердые заготовки заданного сечения, из которых в дальнейшем производят прокат. [1]

Гильза кристаллизатора является наиболее ответственной и быстро изнашиваемой частью кристаллизатора МНЛЗ. Гильза представляет собой медную водоохлаждаемую трубу круглого или профильного сечения. Расплавленный металл кристаллизуется при контакте со стенками гильзы и образуется первичная твердая оболочка слитка [2].

Основная проблема при эксплуатации гильз кристаллизатора — появление дефектов на поверхности медной трубы. Это приводит к дефектам слитков вследствие чего ухудшается качество продукции и увеличивается брак. Чтобы избежать этого, размеры гильзы регулярно измеряют, и при отклонениях от нормы её бракуют.

Другая проблема — сокращение срока службы гильз из-за изменения параметров работы машины непрерывного литья. Фактический срок службы гильз часто меньше заявленного, что ведёт к простоям, повышению риска аварий и дополнительным затратам.

Ключевой этап производства, процесс непрерывного литья заготовок, требует постоянного контроля и анализа множества параметров. Поэтому разработка витрины данных для анализа производственных процессов в режиме реального времени станет важным инструментом для повышения эффективности производства.

Витрина данных — это коллекция данных, специально приспособленных под нужды отдельного структурного отделения компании. В отличие от хранилища, в витринах данных держат узкоспециализированные сведения, поэтому для их пополнения требуется меньше первоисточников информации. В контексте металлургического производства такая система может быть использована для мониторинга параметров литья, анализа остаточного ресурса оборудования и прогнозирования его износа. Одним из ключевых элементов МНЛЗ, требующих постоянного контроля, является гильза кристаллизатора, поэтому своевременное выявление аномалий и прогнозирование срока службы этого элемента являются критически важными задачами. [3]

Для разработки витрины данных необходимо выполнить несколько этапов. Первым шагом является анализ необходимости оценки параметров литья на МНЛЗ. Далее проводится обзор существующих автоматизированных методов анализа производственных показателей, что позволяет выбрать наиболее подходящие подходы для реализации системы.

Следующим этапом является анализ методов анализа остаточного ресурса на основе обработки данных многообъектных сложных систем. На основе полученной информации проектируется архитектура системы и схема базы данных, которая должна обеспечивать хранение, обработку и анализ больших объемов информации в режиме реального времени.

После этого разрабатывается прототип витрины данных, который включает в себя интерфейс для визуализации данных, инструменты для анализа и прогнозирования, а также механизмы интеграции с существующими системами управления производством. Завершающим этапом является анализ остаточного ресурса гильзы кристаллизатора, который позволяет оценить эффективность разработанной системы и её влияние на производственные показатели.

Такая система позволяет своевременно выявлять аномалии, прогнозировать износ оборудования и принимать обоснованные решения по его обслуживанию, что в конечном итоге приводит к снижению затрат и улучшению качества продукции. Внедрение подобных систем на металлургических предприятиях поможет компаниям быть более гибкими, эффективными и конкурентоспособными на рынке.

Список литературы
1. Савельев А.Н., Северьянов С.С., Тарасов М.И. Оценка режима восстановления оборудования технологической линии «Машина непрерывного литья заготовок» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 4 (18), С. 36 – 40.
2. Смирнов А.Н., Лысенко Т.В., Васильев Д.С. Современные представления о характере формирования твердой корочки в кристаллизаторе МНЛЗ // World science. 2021. № 3 (64). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-haraktere-formirovaniya-tverdoy-korochki-v-kristallizatore-mnlz (Дата обращения 15.03.2025).
3. Буданова А.С. Витрины данных как часть корпоративной информационной фабрики // Научный журнал. 2016. № 6 (7). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vitriny-dannyh-kak-chast-korporativnoy-informatsionnoy-fabriki (Дата обращения 14.03.2025).

УДК 65.01

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СБОРА ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В КОНКУРЕНТНЫХ ЗАКУПКАХ

Заикин С.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
sergeihant@gmail.com
Клевакичев В.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Klevakichevslava@gmail.com
Фомичев Е.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
efomitchev@yahoo.com
Якушин М.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
matvey@kappematt.ru
Научный руководитель: Третьякова В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Большинство современных предприятий являются поставщиками продукции или услуг для государственных заказчиков. Рынок государственных закупок является значимым сектором экономики и представляет собой систему приобретения товаров, работ и услуг государственными органами и учреждениями у частных компаний и организаций для удовлетворения общественных нужд. Данный процесс регулируется Федеральными законами №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» и направлен на обеспечение прозрачности, эффективности и конкурентоспособности закупок, а также на поддержку отечественного производства и предпринимательства.

Выбор поставщиков в государственных закупках (*тендер*) происходит в результате проведения конкурентных процедур, таких как конкурсы, аукционы, запросы котировок и другие формы торгов, целью которых является выбор наиболее подходящего поставщика, который предложит наилучшие условия выполнения контракта.

Участие в конкурсном отборе для предприятий-поставщиков представляет собой непростую многоэтапную задачу, требующую специальных знаний и навыков в соблюдении процедур, установленных законодательством [1, 2].

Представим этапы закупочной процедуры со стороны поставщика: Этап 1. Анализ заявки, размещенной Заказчиком. Этап 2. Принятие решения об участии в конкурсе. Этап 3.

Подготовка и подача документов для участия в конкурсе. Этап 4. Заключение контракта с Заказчиком (в случае победы в конкурсе).

Далее начинаются этапы, связанные с исполнением обязательств в рамках заключенного контракта, и последующие взаиморасчёты с Заказчиком [3].

Подготовка и подача документов (этап 3) представляет собой один из наиболее значимых и трудоемких этапов процесса участия в госзакупках, т.к. ошибки в подаваемых документах и заявках на участие в конкурсе, неполный пакет документов или нарушение процедуры подачи может привести к отклонению заявки на участие в тендере.

Важно отметить, что каждый конкурс требует специального (уникального) набора документов, причем за ограниченный промежуток времени. Этот процесс сопряжён с временными затратами на сбор значительного объёма актуальной информации и её дальнейшее оформлением в виде пакета документов.

Следовательно, перед предприятием поставщиком встаёт задача оптимизации процедуры сбора документов для подачи заявки на участие в конкурсе.

Основная идея решения вышеуказанной проблемы заключается в упрощении и систематизации процедуры сбора документов с минимизацией временных затрат на эту операцию посредствам автоматизации процесса за счёт создания программного алгоритма.

Подготовка и подача документов на конкурс требует соблюдение требований законодательства, подготовки большого объема и разнообразия документов, подтверждения квалификации сотрудников, финансового обеспечения заявки, тщательной проверки подаваемой информации, знания технических аспектов подачи и при этом ограничением являются достаточно сжатые сроки.

Чтобы решить задачу, связанную со сбором документов, необходимо определить основные факторы, определяющие комплектность пакета документов: 1. Заказчик. 2. Тип проводимого конкурса. 3. Вид электронной торговой площадки. 4. Вид закупаемой продукции или услуги. 5. Требования законодательства. 6. Критерии оценки выбора поставщика. 7. Форма обеспечения заявки. 8. Специфические требования отрасли и т.д.

Таким образом, состав пакета документов на тендер формируется исходя из совокупности юридических, отраслевых и специфичных для конкретного тендера требований.

Несмотря на наличие цифровых решений и разнообразных торговых площадок, на сегодняшний день многие предприятия сталкивается с рядом трудностей. Например, нехваткой или отсутствием квалифицированных специалистов в области госзакупок со стороны предприятий поставщиков. Особенно, это характерно для небольших компаний, у которых не хватает ресурсов на содержание специальных подразделений.

Следовательно, формируется важная необходимость в полноценной разработке алгоритма по автоматизации сбора, обновлению документации в базе компании-поставщика и предоставления документов для участия в тендерных конкурсах, которая позволит оптимизировать процедуру сбора необходимых документов для участия в конкурентных закупках.

Список литературы

1. Третьякова В.А. Деятельность производственного предприятия в условиях работы по государственным контрактам // Устойчивое развитие и новая индустриализация: наука, экономика, образование : международная научно-практическая конференция (Москва, 17 декабря 2021 г.) : материалы конференции / МГТУ им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет). М. 2021. С. 137-141.

2. Третьякова В.А., Горлачева Е.Н. Разработка методического подхода к оценке вероятности выигрыша конкурса с целью планирования загрузки производственных мощностей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. № 1. С. 122-131.

3. Юзвович Л.И., Исакова Н.Ю., Истомина Ю.В. и др. Система государственных закупок: теоретический и практический аспекты: монография. / Под ред. Л. И. Юзвович, Н. Ю. Исаковой. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 233 с.

УДК 330.8

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРИЙ УПРАВЛЕНИЯ

Зибрак М.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
mzibrak@mail.ru
Научный руководитель: Волкова М.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультета «Инженерный бизнес и менеджмент»

Данная работа освещает временную классификацию школ управления и управления персоналом от периода Античности до наших дней. Эволюция управленческой мысли представляет собой последовательность революционных сдвигов, каждый из которых отражал потребности своего времени и контрастировал с предыдущими подходами.

В **Античный период** (IV в. до н.э. – V в. н.э.) управление рассматривалось через призму философии и морали. Аристотель в «Политике» акцентировал справедливость и формы правления, а Платон в «Государстве» видел идеал в управлении просвещёнными философами. В отличие от поздних школ, здесь не было системных методов — вместо этого доминировали абстрактные идеи о добродетели и общественном благе. Однако уже тогда были заложены основы разделения труда и роли образования.

Средневековье и Возрождение (V–XVI вв.) принесли синтез религии и прагматизма. Если античные философы идеализировали управление, то Фома Аквинский интегрировал христианскую этику, подчёркивая ответственность власти перед Богом и людьми. Макиавелли в «Государе» радикально отошёл от морализаторства, провозгласив власть инструментом, где цель оправдывает средства [1].

Классические школы управления (конец XVIII – начало XX вв.), возникли в эпоху Промышленной революции. Фредерик Тейлор с его научным менеджментом предложил оптимизировать труд через хронометраж и стандартизацию, превратив работника в «винтик» системы. Анри Файоль систематизировал административные принципы, а Макс Вебер идеализировал бюрократию как рациональную машину.

Теория административного управления (**1920 по 1950**), также известная как *файолизм*, представляет собой теорию управления. Анри Файоль считал, что эффективное управление требует системного подхода, сосредоточенного на ключевых функциях управления, а организациями следует управлять на основе четких принципов и указаний, а не полагаться на индивидуальную инициативу или интуицию.

Школа человеческих отношений (1920–1950-е гг.), представленная Элтоном Мэйо, отвергла тейлористский подход. Хоторнские эксперименты доказали, что социальное взаимодействие и внимание к работникам повышают производительность больше, чем материальные стимулы. Если Тейлор видел в сотрудниках ресурс, то Мэйо — социальных существ с эмоциональными потребностями. Этот переход от «машины» к «сообществу» стал поворотным этапом.

Бихевиористская школа (1950–1970-е гг.), с её акцентом на психологию, продолжила гуманизацию управления. Абрахам Маслоу с иерархией потребностей и Дуглас МакГрегор с теориями X и Y показали, что стиль руководства должен адаптироваться к природе человека. В отличие от универсальных принципов Файоля, здесь утверждалась вариативность: если «Теория X» требовала контроля, то «Теория Y» поощряла творчество.

Количественная теория управления (1940-1960-е гг.) эта школа явилась следствием развития количественных методов обоснования управленческих решений. Предусматривает

использование в управлении математики, кибернетики, теории вероятностей, статистики и компьютерных технологий. Ее представители — Р. Аккоф, С. Бир, Д. Экман, А. Энтховен, Э. Квейд — рассматривают управление как логический процесс, который может быть выражен математически.

Системный и ситуационный подходы (1960–1980-е гг.) добавили управлению многомерность. Людвиг фон Берталанфи и Питер Друкер рассматривали организацию как целостную систему. Ситуационный подход (Фред Фидлер) вовсе отверг универсальные решения, заявив, что эффективность зависит от контекста

Стратегическая школа (1980-2000-е) фокусируется на долгосрочном планировании, анализе внешней среды и поиске устойчивых конкурентных преимуществ. Ее представители: Майкл Портер - 5 сил конкуренции, цепочка ценности, Генри Минцберг - школы стратегий, Гэри Хэмел и К.К. Прахалад - ключевые компетенции, управление по целям (MBO) - Питер Друкер.

Современные школы (2000-е - настоящее время) отвергает жесткие иерархии и универсальные рецепты, делая ставку на адаптивность, инновации и баланс между эффективностью и социальной ответственностью. Основные направления: Agile & Lean (Джефф Сазерленд, Эрик Рис), Digital & Data-Driven Management (Эндрю МакАфин), эмоциональный интеллект (Дэниел Гоулман), устойчивое развитие (ESG, CSR), теория ограничений (TOC) - Элия Голдратт [2].

Проведённый анализ эволюции управленческой мысли демонстрирует динамичный и преемственный характер развития теорий управления - от античных философских концепций до современных цифровых подходов.

Каждая историческая эпоха формировала собственные управленческие парадигмы, отражавшие актуальные социально-экономические условия и технологические возможности своего времени.

Список литературы

1. Бутов А.В. Теория и практика управления // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2016. № 4 (88). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vklad-aristotelya-v-razvitie-teorii-upravleniya/viewer (Дата обращения 05.05.2025).
2. Пузыревский Л.С. Школы науки управления и их развитие // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2008. № 3 (39). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/shkoly-nauki-upravleniya-i-ih-razvitie/viewer (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 004.896

РОБОТИЗАЦИЯ И ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ: БУДУЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВА И РЫНКА ТРУДА

Иванова-Годунова В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Ivanova-godunova@yandex.ru
Корнеева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
al.korneeva2004@gmail.com
Пушкарева Е.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
mariadak565437@gmail.com
Научный руководитель: Мазурин Э.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях стремительного развития промышленных технологий, роботизация и цифровые двойники становятся неотъемлемой частью почти любого производства.

Роботизация и промышленные двойники повышают конкурентоспособность предприятий, но требуют переобучения персонала и могут приводить к сокращению рабочих мест.

Роботизация – это процесс внедрения промышленных роботов для выполнения различных задач без участия человека. Роботизация играет ключевую роль в массовом производстве, повышая эффективность производства, снижая затраты и улучшая качество продукции.

Роботы могут способствовать оптимизации производственных процессов несколькими способами: 1. Автоматизация процессов. 2. Увеличение скорости работы. 3. Снижение затрат на оплату труда, уменьшение брака. 4. Повышение безопасности при выполнении опасных задач

Роботизация в настоящее время затронула многие отрасли производства, однако, у процесса есть проблемы и ограничения: 1. Высокая стоимость внедрения. 2. Сложность настройки и обслуживания. 3. Гибкость и адаптация. 4. Социальные проблемы в связи с сокращением рабочих мест

Примером успешного использования роботов может служить ПАО «КАМАЗ», активно внедряющее роботизацию. К 2025 году планируется 360 роботов, а к 2035 — 3000 (1000 на 10 000 работников) [1]. Использование искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения позволит повысить качество продукции и минимизировать влияние человеческого фактора.

Цифровые двойники — это виртуальные модели реальных объектов и процессов, основанные на точных математических расчетах и данных в реальном времени.

Цифровые двойники позволяют анализировать и оптимизировать производство, выявлять узкие места и тестировать сценарии без вмешательства в реальные процессы [4].

Применение цифровых двойников снижает затраты на разработку, тестирование продукции и обслуживание оборудования.

Использование цифровых двойников позволяет уменьшить расходы на разработку и тестирование новых продуктов, а также снизить затраты на обслуживание оборудования за счет своевременного выявления и предотвращения неисправностей.

Внедрение данной технологии становится важной частью цифровой трансформации промышленности в рамках концепции Индустрии 4.0 [5].

Роботизация и цифровые двойники стремительно меняют рынок труда, вызывая опасения и надежды. Вопрос о том, являются ли роботизация и цифровые двойники угрозой или возможностью, сложен и требует анализа.

Роботизация и цифровые двойники наиболее сильно затронет профессии, основанные на рутинных, повторяющихся задачах [2]. К таким профессиям относятся: простые производственные рабочие, водители, операторы call-центров, сотрудники банков.

Полное исчезновение профессий маловероятно. Скорее всего, человеческий труд будет дополняться или заменяться автоматизированными системами в некоторых областях. Параллельно с исчезновением одних профессий появляются новые профессии, связанные с разработкой, внедрением и обслуживанием автоматизированных систем. Новые профессии – это специалисты в области: ИИ, робототехники, кибербезопасности, анализа больших данных (Big Data).

Будущее роботизации представляет собой сложную картину с несколькими возможными сценариями развития, требующими адаптации как от государства, так и от бизнеса [3]. Возможные сценарии развития: оптимистичный, пессимистичный и умеренный.

Образование должно играть ключевую роль в подготовке к будущему, ориентированному на роботизацию. Образование должно включать: - Развитие STEM-образования, - Внедрение новых программ обучения, - Развитие навыков критического мышления и креативности, - Обучение адаптивности и жизненным навыкам.

Заключение: роботизация и цифровые двойники повышают эффективность производства, но требуют адаптации рынка труда. Внедрение цифровых двойников и роботов

должно сопровождаться развитием образования и новых рабочих мест, чтобы технологии стали возможностью, а не угрозой.

Список литературы

1. К 2025 году на «КАМАЗе» будут работать 360 роботов, к 2035-му – 3 тысячи. URL: https://vestikamaza.ru/posts/k_2025_godu_na_kamaze_budut_rabotat_360_robotov_k_2035-mu_3_tysyachi/ (Дата обращения 29.03.25).
2. Ботвинко Д.А., Бурдюкова А.А., Шестаков З.Д. Цифровые двойники как инструмент оптимизации промышленных производственных процессов // Журнал технических исследований. 2025. № 1. С. 43-48. URL:https://naukaru.ru/ru/nauka/article/95610/view (Дата обращения 30.03.2025).
3. Сосфенов Д.А. Цифровой двойник как инструмент оптимизации производственных процессов // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-kak-instrument-optimizatsii-proizvodstvennyh-protsessov (Дата обращения 30.03.2025).

УДК 338.001.36

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

Ильченко М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
margo.rityn@mail.ru
Царевский О.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
T1sarevskiy@yandex.ru
Черкасов А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
art_cherkasov@mail.ru
Научный руководитель: Костырин Е.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях глобализации и технологической трансформации оценка экономической эффективности высшего образования становится ключевым элементом стратегического планирования. Цель исследования — провести сравнительный анализ вклада высшего образования в экономический рост на примере России, США, Великобритании, Китая и Японии. Методология основана на экономико-математической модели, включающей расчет чистой приведенной стоимости (NPV, Net Present Value) [1], коэффициента эффективности инвестиций (ARR, Accounting Rate of Return) [2], а также анализ динамики заработных плат выпускников в течение пяти лет после окончания обучения.

Для расчетов использовались данные о стоимости обучения, процентных ставках по образовательным кредитам, курсах валют и средней заработной плате выпускников 90 ведущих университетов каждой страны.[3] Модель учитывала срок окупаемости инвестиций, чистый дисконтированный доход и сравнительный анализ сценариев «с высшим образованием» и «без высшего образования».

Результаты исследования выявили значительные различия в экономической эффективности: Китай — 90%, Япония — 80%, Россия — 70%, Великобритания — 50%, США — 43,4%.

Ключевыми факторами, определившими лидерство Китая и Японии, стали низкая стоимость обучения, государственная поддержка образовательных программ, высокий спрос на квалифицированных специалистов в высокотехнологичных отраслях и культурные

особенности, стимулирующие инвестиции в образование. В России значительную роль сыграла относительно доступная стоимость обучения при сопоставимом уровне заработных плат выпускников технических вузов. В США и Великобритании снижение эффективности связано с высокой стоимостью образования и насыщением рынка труда.

Исследование подчеркивает необходимость комплексного подхода к оценке эффективности образования, учитывающего не только финансовые показатели, но и социально-культурные аспекты. Полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий оптимизации образовательных систем и повышения их вклада в экономическое развитие.

Список литературы

1. Бондарева Л.Н., Вершинин А.А., Климентьева И.В. Развитие российского рынка образовательных услуг в условиях глобализации. М.: Наука, 2023. 35 с.
2. Sokolov E.V., Kostyrin E.V. Innovative model for determining the economic effect of university graduates // Sokolov.expert. URL: https://sokolov.expert (Дата обращения 08.12.2024).
3. Федеральная служба государственной статистики. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата // Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru (Дата обращения 02.12.2024).

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Кабанова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
kaa21b399@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В современном мире в условиях урбанизации и роста численности населения активное развитие регионов сопровождается повышением необходимости создания новых объектов социальной инфраструктуры (школ, больниц, учреждений дополнительного образования, спортивных комплексов и т. д.). Определение расположения объекта социальной инфраструктуры является одной из ключевых задач для обеспечения комфортной городской среды. Благодаря веку цифровых возможностей появились методы решения сложных задач, требующих достаточных временных и финансовых затрат. Одним из решений таких задач упрощенным способом стало моделирование.

Имитационное моделирование – это метод, который позволяет разрабатывать компьютерные модели, описывающие процессы так, как они происходят в реальности [1]. Другими словами, имитационное моделирование – это высокоуровневая информационная технология с применением компьютеров и чаще всего используется при моделировании сложных систем и написано достаточное количество работ по разным подходам и точки зрения к имитационному моделированию [2].

Для выбора максимально удобного расположения объекта социальной инфраструктуры можно воспользоваться агентным моделированием. Агентное моделирование – одно из направлений имитационного моделирования. Данный метод позволяет изучить работу рассредоточенных агентов и то, как поведение отдельных агентов определяет поведение системы целиком. В агентном моделировании можно определить индивидуальное поведение каждого агента, а поведение всей системы получить из совокупного взаимодействия данных агентов.

Социальную инфраструктуру региона можно определить как территориально-отраслевой комплекс, обеспечивающий социально-пространственные условия воспроизводства рабочей силы и социальной защиты населения через оказание взаимосвязанных, но не взаимозаменяемых услуг населению в форме социально-значимой деятельности [3]. Соответственно, в качестве объекта социальной инфраструктуры можно рассмотреть школы и для примера взять частную школу по робототехнике.

При выборе месторасположения частной школы по робототехнике необходимо учитывать следующие основные инфраструктурные объекты в городе, которые используются населением для удовлетворения ежедневных нужд, такие как транспортно-пересадочные узлы, образовательные учреждения, центры торговли, а также культурные и социальные объекты. Также вероятность выбора определенного района будет выше при наличии рядом профильных школ или профильных классов с математической и IT направленностями. При этом важно еще проанализировать район на численность семей с детьми, а также социальный статус района в связи с внебюджетными занятиями.

Несомненно, необходимо также учитывать площадь школьного помещения, рыночную стоимость его покупки или аренды, стоимость коммунальных услуг, процент налога на имущество и необходимое оборудование для оснащения классов.

Учет площади помещения играет в данном случае ключевую роль, так как от нее зависит комфорт и вместимость пространства, возможности его оснащения, а также затраты на его содержание и эксплуатацию. В данном частном случае, комфортной площадью школы с учетом обширной целевой аудитории будет 1010 м^2. В данное помещение будут входить: 6 классов, оборудованные сразу под занятия робототехникой с возможностью программировать, заниматься 3D-моделированием, обкатывать роботов на полигонах, – 720 м^2, ресепшн и зона ожидания – 30 м^2, буфет с зоной для приема пищи – 80 м^2, администрация (кабинеты директора, бухгалтерия, учительская) – 80 м^2, технические помещения (санузлы, кладовые, серверная) – 100 м^2.

Необходимым оборудованием для оснащения каждого класса по робототехнике является: ноутбуки (по 1 на чел., включая 1 ноутбук для преподавателя), программное обеспечение, роботы и конструкторы, платы и другие контроллеры, датчики и исполнительные устройства, 3D-принтеры, полигоны, поля, интерактивные доски, маркерные доски и маркеры, столы, стулья, мебель для хранения оборудования.

Целевой аудиторией (далее ЦА) школы будут являться дети от детского сада до 11 класса, т. е. дети возраста 3-18 лет, при этом основной ЦА новых учеников станут дети 3-6 классов (8-12 лет). Примерно 20 лет назад, в основном данная сфера образования наиболее интересовала мужской пол, но в современном мире это не имеет никакого значения, на одном уровне занимаются и интересуются техническими направлениями и девушки, и парни.

Благодаря всем вышеперечисленным показателям и факторам влияния с помощью агентного моделирования и наложения его на реальный район станет возможным определение наиболее оптимального месторасположения объекта социальной инфраструктуры, в частности, частной школы по робототехнике.

Список литературы

1. Скворцова Д.А. и др. Разработка гибридной имитационной модели сборочного цеха // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15. № 5. С. 1359-1379. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-5-1359-1379.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.
3. Бижанова М.И., Магомедова П.И. К вопросу о трактовке понятия социальной инфраструктуры // ТДР. 2006. № 12-I. С. 16-18.

УДК 330.47

DATA-DRIVEN ПОДХОД В ЭКОНОМИКЕ И БИЗНЕСЕ

Каштанова Ю.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
kashtanovayulia128@mail.ru
Научный руководитель: Шиболденков В.А., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В настоящее время цифровизация является одним из ключевых трендов экономической среды по всему миру. Процесс цифровизации проходит с разной степенью интенсивности и глубины, что зависит от конкретной страны, отрасли. Тем не менее, «цифровой след» - данные, которые могут быть использованы в будущем, оставляет все больше и больше организаций. Согласно исследованиям Высшей школы экономики, Министерства цифрового развития РФ и Федеральной службы государственной статистики, российская экономика показывает высокие темпы цифровизации. Доля проникновения электронной торговли составляла в 2022 г. 58 % (в том числе среди сельского населения – более 40 %). Также 30,4 % предприятий использовали технологии сбора, обработки и анализа больших данных, а 28,9 % – облачные сервисы [1].

Data-driven подход представляет собой процесс принятия решений, основанных на анализе и интерпретации данных. В отличие от традиционного подхода, где решения часто принимаются на основе интуиции или опыта, data-driven подход ориентирован на объективные данные, которые собираются из различных источников. Data driven подход – это самый высокий уровень развития культуры работы с данными. Ключевым элементом успешной реализации data-driven подхода является создание внутри компании культуры, ориентированной на данные. Важно, чтобы данные стали не просто вспомогательным инструментом, а основой для всех бизнес-решений, начиная от стратегии и заканчивая оперативным управлением. Это требует от руководства компании внедрения аналитики на всех уровнях — от маркетинга и продаж до управления производственными процессами. Для реализации data-driven подхода необходимы данные о пользовательской активности, данные из CRM (Customer Relationship Management), WMS (Warehouse Management System), ERP (Enterprise Resource Planning), интернета вещей и других источников. Однако данные не существуют сами по себе – для их наличия и доступности необходимы системы хранения, обработки и анализа данных (Data Warehouse, Data Lake, Cloud-решения). Для того, чтобы использовать данные в целях получения новой информации, необходимо правильным образом обработать данные, а затем в понятном виде представить результаты обработки и анализа. Процесс обработки данных может включать использование передовых технологий в этой области, например, машинное обучение, технологии Big Data. Они помогают выявлять закономерности и тренды, прогнозировать показатели. Применять эти технологии без ошибок могут компетентные специалисты, которые высоко ценятся на рынке труда. По этой причине в настоящее время идет популяризация данных карьерных направлений.

Условием эффективного использования data-driven подхода является наличие соответствующей методологии в организации. Базисом методологии data-driven является метрика. Метрика — это количественный или качественный показатель, позволяющий проанализировать эффективность функционирования организации или ее части. Метрики могут считаться по-разному, но все сводятся к конкретному числовому значению. Для реализации рассматриваемого подхода недостаточно одной или нескольких метрик. Как правило, количество этих показателей велико. Для эффективной работы с метриками используют дерево метрик – систему связанных метрик организации. Использование data-driven подхода совместно с методологиями управления целями позволяет повысить эффективность менеджмента. В качестве примеров данных методологий можно рассмотреть KPI (Key Performance Indicators) и OKR (Objectives and Key Results). Цели KPI конкретны и

достижимы, а следовательно, по ним можно судить об эффективности работы. Цели OKR вдохновляют и развивают, являются «шагом в неопределенность», позволяют указать глобальное направление-цель. Важную роль в реализации рассматриваемого подхода играет бизнес-анализ, позволяющий создать связь между бизнес-заказчиком и данными [2].

Data-driven подход используется в различных сферах бизнеса: маркетинг, финансы, логистика, здравоохранение, менеджмент и др. Это связано со следующими преимуществами изучаемого подхода: уменьшение степени риска, высокая точность принимаемых решений, возможность прогнозирования, предоставление возможности повышения эффективности бизнес-процессов. Однако, имеется ряд проблем и вызовов, связанных с использованием этого подхода. Это могут быть технические ограничения и низкое качество данных, правовые и этические ограничения, нехватка компетенций сотрудников, ограничения в ресурсах (финансовые и организационные расходы) [3].

Перспективы использования data-driven подхода в российской экономике, несмотря на ряд вызовов, достаточно позитивные. Россия активно идет по пути цифровизации, и многие компании начинают осознавать важность внедрения аналитических технологий для повышения своей конкурентоспособности. Внедрение data-driven подхода открывает огромные возможности для роста и инноваций в различных секторах экономики. Более того, Правительством Российской Федерации сформирована Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая также способствует развитию data-driven подхода.

Список литературы

1. Кротов Д.П. Перспектива развития data-driven подхода в российской экономике // Вестник университета. 2025 № 2. С. 127-134. DOI: 10.26425/1816-4277-2025-2-127-134 (Дата обращения 01.04.2025).
2. Исаев П.А., Федоринов А.В., Полищук О.А. Data driven-стратегия управления, основанная на анализе данных // Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. 2022. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50195668&selid=50195918 (Дата обращения 01.04.2025).
3. Тевари С.К. Маркетинг, основанный на данных, на развивающихся рынках: решение задач устойчивого развития // Цифровая трансформация для обеспечения устойчивости и роста бизнеса на развивающихся рынках. 2025. № 2 (20). С. 171-196. DOI: 10.1108/JM2-08-2023-0183.

УДК 004.5

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Коротаев Г.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
korotaevgn@gmail.com
Терентьев А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
artem.terentev.02@mail.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Разработка системы для получения данных о рабочих процессах, при управлении цепями поставок, в нужное время в нужном качестве - одна из главных задач управленца перед началом всей его работы в целом. Каждый элемент системы должен работать эффективно не только сам по себе, но и вкупе с остальными элементами для достижения нужного эффекта [1].

Система не самодостаточна сама по себе, и является прямым продолжением управленческого процесса ЛПР (лица, принимающего решение), что делает её лишь инструментом для достижения общей, выходящей за рамки самой системы, цели - достижения стратегического результата. Данное условие уравнивает важность аспектов работоспособности самой системы и отдельно её способности помогать ЛПР принимать управленческие решения, делая первое бесполезным без второго [2].

Общепринято понятие качество управления, состоящее из трех основных составляющих: устойчивость (или запасы устойчивости); точность; скорость реакции системы. Задача системы, сохраняя устойчивость, возвращаться к исходному состоянию при возможных отклонениях. Необходимо заметить, что если не обеспечена устойчивость замкнутой системы, то говорить о точности и, тем более, о скорости реакции - бессмысленно.

Для выполнения такой задачи, система должна соответствовать следующим требованиям [3]:

1. Полнота - система должна собирать непрерывно всю необходимую информацию, а любые пробелы в данных должны быть либо собраны повторно, если это возможно.
2. Достаточность - предоставляемые данные должны в полной мере соответствовать необходимым для принятия решения при управлении. Они не должны быть неполными, избыточными, или же не соответствующими для своей задачи.
3. Своевременность - получаемые данные ценны лишь постольку, поскольку способны дать основания для принятия решения ЛПР, а следовательно должны относится к конкретным ситуациям и к конкретным проблемам.
4. Интуитивность - необходимо обеспечение совместной деятельности управленческих работников и компьютера в режиме диалога с учетом требований эргономики. Любое затруднение восприятия данных человеком сильно уменьшает эффективность работы при выработке управленческого решения.
5. Оптимизированность - нужна эффективная организация хранения и поиска данных, позволяющая формировать данные в рабочие массивы под регламентированные задачи и функционировать в различных режимах обслуживания.
6. Стандартизированность - требуется обеспечение взаимной увязки задач функциональных подсистем на основе однозначного формализованного описания их входов и выходов на уровне показателей и документов.

Система должна выполнять задачи на заданном уровне качества, при этом интегральный критерий качества самой системы должен обеспечивать высокую точность и скорость управления.

Список литературы

1. Коротаев Г.Н. Рассмотрение деятельности предприятия с точки зрения системной динамики // Научный аспект. 2024. Т. 11. № 4. С. 1346-1351.
2. Хасанов Т.А., Скворцова Д.А., Эдаев Б.А. Развитие Интернета вещей и его роль в современной логистике // Наука и бизнес: пути развития. 2024. № 5 (155). С. 113-117.
3. Комова М., Мазурин Э. Планирование спортивный мероприятий // Контроллинг в экономике, организации производства и управлении: сборник научных трудов XII международного конгресса по контроллингу (Смоленск, 19 мая 2023 года). М.: Некоммерческое партнерство «Объединение контроллеров». 2023. С. 94-100.

УДК 338.001.36

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УСЛУГАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Костырин Д.Е., школьник
Москва, ГБОУ СОШ № 2116
kostyrin.d.e@gmail.com
Царевский О.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
T1sarevskiy@yandex.ru
Научный руководитель: Баланцев А.Б., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Индустрия дистанционных, информационных образовательных технологий, автоматизации, цифровизации и робототехники в образовании в последние годы переживает стремительный рост, что обусловлено стремлением оптимизировать учебные процессы и обеспечить более высокий уровень подготовки выпускников школ и будущих специалистов. Современные технологии, включая искусственный интеллект и высокоточные механизмы, способствуют активному внедрению дистанционных и информационных образовательных технологий (ДиИОТ) в обучение будущих профессионалов. В частности, в стоматологическом образовании роботы проявляют себя как эффективные инструменты, которые не только помогают студентам отрабатывать практические навыки в различных клинических ситуациях, но и углубляют их теоретические знания, а также способствуют развитию невербальных коммуникативных навыков, важных для успешной врачебной практики.

С помощью современных технологических решений создаются обучающие системы, обеспечивающие всестороннее развитие навыков и умений школьников и студентов, что имеет особую значимость в свете существующих проблем практико-ориентированной подготовки в средних и высших учебных заведениях. Традиционные подходы к проведению занятий без использования ДиИОТ не позволяют создать атмосферу реальной практически-ориентированной среды и не способствуют полноценному погружению школьников и студентов в реальные процессы, которые в настоящее время набирают популярность в силу возможностей использования игровых моделей в процессе обучения, следствием чего является увеличение разрыва между теоретическими знаниями и практическими навыками. Таким образом, внедрение ДиИОТ, способных создавать имитационные модели, проводить занятия в игровой форме, обеспечивать интерактивное взаимодействие, способствует более глубокому усвоению учебного материала.

С использованием теории массового обслуживания, марковского случайного процесса и уравнений А.Н. Колмогорова для предельных вероятностей состояний разработан граф состояний процесса оказания образовательных услуг населению, включающий в себя следующие состояния: запрос со стороны населения на образовательные услуги (S_0), оказание образовательных услуг традиционным способом без использования ДиИОТ (S_1), оказание образовательных услуг с применением ДиИОТ (S_2) и выход (S_3), и экономико-математическая модель управления образовательными услугами с использованием ДиИОТ, практическая реализация которой осуществлена на примере одного из общеобразовательных учреждений г. Москвы.

В программной среде MS Excel исследована зависимость вероятности нахождения системы S в состояниях S_0, S_1, S_2 и S_3, а также финансового результата рассматриваемого общеобразовательного учреждения от доли образовательных услуг с использованием ДиИОТ в процессе обучения (m).

Полученные результаты показали, что с увеличением доли образовательных услуг с применением ДиИОТ в образовательном учреждении на 33% с одновременным сокращением

на такую же величину 33% образовательных услуг, оказываемых традиционным способом без использования ДиИОТ суммарный финансовый результат от оказания образовательных услуг, сокращается на 13,71%, с 177 120,33 руб. до 152 839,91 руб. При этом финансовый результат от оказания образовательных услуг традиционным способом без использования ДиИОТ уменьшается с 170 687,41 руб. до 144 956,56 руб., на 15,07%, а финансовый результат от оказания образовательных услуг с применением ДиИОТ увеличивается с 6 432,92 руб. до 7 883,36 руб., на 22,55% [1].

Список литературы

1. Царевский О.А., Грачёв Д.И., Южаков А.А., Асташина Н.Б., Ахмедов К.Г., Арутюнов С.А. Социально-экономическая оценка инвестиций в использование антропоморфного стоматологического робота-пациента для практико-ориентированной подготовки студентов-стоматологов // Российский стоматологический журнал. 2024. № 6. Т. 28. С. 634-641. DOI: 10.17816/dent634166.

УДК 658.7

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Котова А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
kotovaas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Логистика в России сталкивается с рядом серьезных вызовов, обусловленных географическими, климатическими и инфраструктурными особенностями. Огромная территория страны делает транспортировку грузов дорогостоящей и сложной, особенно в удаленных регионах, где транспортная инфраструктура развита слабо. Суровые климатические условия, особенно в зимний период, усложняют логистические процессы, увеличивая риски задержек и повреждения грузов. Дополнительную проблему создают административные и таможенные барьеры, усложняющие процессы транспортировки и увеличивающие бюрократическую нагрузку.

Одним из главных факторов, влияющих на развитие логистики в России, остается высокая стоимость перевозок, обусловленная большими расстояниями и недостаточной конкуренцией на рынке логистических услуг. Также сохраняются проблемы неэффективного использования мультимодальных перевозок и нехватки цифровых инструментов для оптимизации маршрутов. В этих условиях цифровизация логистики и внедрение агрегаторов логистических перевозок становятся стратегически важными направлениями развития отрасли.

Агрегаторы логистических перевозок и системы поддержки принятия решений (СППР) представляют собой цифровые платформы, которые позволяют автоматизировать и оптимизировать процессы мультимодальных перевозок. Их использование способствует снижению логистических затрат, повышению скорости доставки и минимизации рисков, связанных с задержками или повреждением грузов. Эти системы обеспечивают координацию между различными видами транспорта – железнодорожным, автомобильным, морским и воздушным, что позволяет выстраивать наиболее эффективные маршруты.

Предлагаемый проект - цифровая платформа, обеспечивающая удобное, прозрачное и эффективное взаимодействие между грузоотправителями и владельцами подвижного состава (вагонов, контейнеров, грузовых автомобилей, кораблей, самолетов). Платформа представляет собой онлайн-решение, где грузоотправители могут публиковать запросы на перевозку грузов,

а владельцы подвижного состава — предлагать свои услуги. Сервис автоматизирует поиск, сопоставление запросов, управление логистическими процессами и контроль выполнения перевозок.

Основные преимущества платформы: оптимизация маршрутов и затрат; повышение прозрачности и контроля; минимизация рисков; электронный документооборот; встроенная платежная система; возможность страхования грузов; экологичность.

В России уже существуют примеры развития агрегаторов логистики, а также государственные инициативы в рамках «Транспортной стратегии России». Крупные логистические компании и стартапы активно инвестируют в СППР, понимая их значимость для будущего отрасли. Интеграция агрегаторов с системами страхования грузов и электронного документооборота делает их еще более удобными и надежными для бизнеса. Поэтому, разрабатываемая цифровая платформа станет удобным и востребованным продуктом как для грузоотправителей, так и для логистических компаний.

Таким образом, развитие агрегаторов логистических перевозок и СППР в России является ключевым направлением цифровизации экономики и повышения конкурентоспособности отечественных компаний. Создание рассматриваемой платформы позволит снизить затраты, повысить эффективность логистики и создать устойчивую транспортную систему, соответствующую международным стандартам.

Список литературы

1. Афанасьева В.А., Руденко К.Д., Скворцова Д.А. Исследование применения многомерного анализа данных в транспортной логистике //Логистика. 2024. № 1 (206). С. 30-33.
2. Скворцова Д.А., Руденко К.Д. Современные методы управления в транспортной логистике // Наука и бизнес: пути развития. 2019. Т. 5. № 1 (4). С. 146-148.
3. Скворцова Д.А., Руденко К.Д. Прогнозирование в логистических системах с использованием функции LINLIN // Студенческая весна. Сборник тезисов докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова (Москва, 01–30 апреля 2023 года). Москва: Издательский дом «Научная библиотека». 2023. С. 141-142.

УДК 316.7

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ВНУТРИ ОРГАНИЗАЦИИ. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД

Майоров А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
ammaiorov@yandex.ru
Научный руководитель: Куняев Н.Е., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В реалиях современного управления информация становится основным инструментом в работе менеджера. В процессе принятия управленческих решений ключевую роль играет актуальность получаемой информации. В связи с этим возникает потребность в повышении эффективности коммуникаций внутри организации. В данной работе рассматриваются факторы, влияющие на качество межличностных коммуникаций. В основе исследования лежит междисциплинарный подход, охватывающий такие сферы научного знания, как менеджмент, теория текста и психолингвистика. Опираясь на достижения представленных наук, автор предлагает способы повышения эффективности межличностных коммуникаций.

Говоря о «межличностных коммуникациях», автор подразумевает «процесс передачи информации неким источником др. конкретному целевому объекту или членам

идентифицируемой группы». Этот процесс состоит из нескольких этапов, осмысление которых способствует повышению его эффективности. Весомый вклад в изучение коммуникативной деятельности человека внесли такие науки, как «Теория текста» и «Психолингвистика» [1, 2]. Исследуя взаимодействие коммуникантов (Homo Loquens – человек, говорящий и слушающий), профессор А.А. Чувакин приводит следующую схему трансформации текста в процессах вербализации-понимания [3]: 1. текст как замысел; 2. текст как порождаемое; 3. текст как продукт порождения; 4. текст как объект понимания; 5. текст как понимаемое; 6. текст как продукт понимания.

Учёный отмечает, что «количество трансформаций, осуществляемых при восприятии текста, неограниченно и неисчислимо в принципе». Ко всему прочему, от задумки к формированию текста как продукта понимания на каждом этапе происходит искажение исходной идеи (из-за специфики речевого аппарата), поэтому невозможно добиться её полного постижения реципиентом.

На увеличение искажения исходной информации при передаче влияют и различные шумы. «Шум – это любое вмешательство в процесс коммуникации на любом из его участков, искажающее значение послания» [1-3]. Шумы, возникающие вследствие развитого бюрократического аппарата, характерны для крупных организаций, в которых сообщение от руководителя до исполнителя проходит через множество посредников, влияющих на исходный текст (то же происходит при обратной связи).

Итак, опираясь на вышесказанное, кратко сформулируем основные идеи:

- множественность интерпретаций, осуществляемых при восприятии информации, может вызвать недопонимание или его полное отсутствие между коммуникантами;
- воспринимаемая информация не тождественна исходному замыслу, ввиду наличия искажений и несовершенства речевого аппарата;
- различные шумы, в частности семантические, прагматические и связанные с развитостью бюрократического аппарата, создают дополнительные трудности в декодировании информации;

Для повышения эффективности межличностных коммуникаций грамотному руководителю необходимо добиться минимизации искажения информации на каждом контролируемом этапе процесса вербализации-понимания. Это можно сделать следующими способами: 1. адаптированием сообщения под образ мышления подчинённых; 2. работой над ёмкостью, практичностью и информативностью сообщения; 3. расширением словарного запаса для повышения точности информации; 4. выделением в сообщении «смыслового ядра», ключевых мест; 5. работой с содержанием сообщения, а не формой; 6. борьбой с шумами, возникающими вследствие развитого бюрократического аппарата, путём дифференцирования сообщения для каждого уровня в управленческой структуре: с понижением уровня информация должна иметь меньший охват и наоборот; 7. созданием системы обратной связи для анализа и оценки эффективности передаваемых сообщений, а также для сбора актуальной информации etc.

Подводя итоги проделанной работы, можно констатировать, что для повышения эффективности межличностных коммуникаций внутри организации следует минимизировать искажения информации, путём снижения влияния коммуникативных шумов.

Список литературы

1. Чувакин А.А. Теория текста: объект и предмет исследования // Критика и семиотика. 2004. В. 7. С. 88-97.
2. Леонтьев А.А. Основы психолингвистики: учебное пособие. 5-е изд. М.: Смысл, 2024. 284 с.

3. Земская Ю.Н., Качесова И.Ю., Комиссарова Л.М. , Панченко Н.В., Чувакин А.А. Теория текста : учеб пособие / под ред. А.А. Чувакина. 3-е изд., стер. М.: ФЛИНТА: Наука, 2012. 224 с.

УДК 004.9

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ

Мероненко М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
meronenckomaria981@gmail.com
Научный руководитель: Самохвалов А.Э., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Непрерывное профессиональное образование «в виде корпоративной системы обучения и развития персонала становится самой важной частью организационной структуры предприятия. Оно способно в долгосрочном периоде решить проблемы конкурентоспособности компании» - такой вывод сделал доктор экономических наук, профессор кафедры экономики труда Санкт-Петербургского государственного экономического университета И.М. Алиев [1].

Автор статьи разработал информационную систему планирования профессионального обучения сотрудников, которая поможет своевременно организовать переподготовку и повышение квалификации специалистов в условиях цифровой трансформации отечественных промышленных предприятий.

Основные компоненты системы:

«Заявки» – учет заявок руководителей подразделений на комплектование специалистами, в которых указываются должность, профессия, уровень квалификации, количество штатных единиц;

«Штатное расписание» – формирование штатного расписания предприятия на основании организационной структуры и заявок от руководителей подразделений;

«Учет кадров» – подсистема ведения личных карточек сотрудников и приказов по управлению персоналом;

«Штатное замещение» – распределение сотрудников по штатному расписанию;

«Обучение» – составление графиков профессионального обучения сотрудников по проектам будущего штатного замещения, которое должно учитывать новые потребности производства в квалифицированных кадрах.

«Вакансии» – размещение объявлений о вакантных рабочих местах, которые невозможно укомплектовать действующими сотрудниками предприятия.

При выполнении проекта по дисциплине «Теоретические основы информатики. Визуальное проектирование» были разработаны UML-диаграммы вариантов использования, на которых отражены функции таких акторов, как Начальник подразделения, Начальник отдела кадров, Директор по управлению персоналом, Сотрудник, Директор, Менеджер по корпоративному обучению. Элементы системы и их связь между собой показана в диаграмме компонентов. В ней выделены такие фрагменты: «Заявки на вакансии», «Штатное расписание», «Учёт кадров», «Обучение», «Вакансии». Даталогическая модель включает в себя 5 таблиц по таким ключевым темам как: «Профессия», «Штатное расписание», «Сотрудник», «Обучающие курсы» и «Обучение сотрудников». А также в этой диаграмме показаны связи по ключам между таблицами. Алгоритмы компонентов системы описаны в форме блок-схем. Программный код реализован на языке Python.

Предложенный автором статьи подход к созданию корпоративных систем обучения также может найти применение в работе государственных служб занятости по

профессиональному обучению граждан востребованным на рынке труда профессиям в рамках федерального проекта «Содействие занятости» [2].

Список литературы

1. Алиев И.М. Непрерывное профессиональное образование // Известия СПбГЭУ. 2016. № 5. С. 86-89.
2. Паспорт национального проекта «Демография». URL: https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography (Дата обращения 02.04.2025).

УДК 004.912

ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАБОТЫ С АРХИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ, СОЗДАВАЕМОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Мухтарова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
mukhtarovaea@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Современное производство высокотехнологичной продукции требует управления большими массивами документации. Цифровая трансформация повышает спрос на интеллектуальные системы для работы с архивными данными.

Управление знаниями — *это система, которая предполагает интегрированный подход к поиску, сбору, оценке, восстановлению и распространению всех информационных активов предприятия. В состав таких активов могут входить базы данных, документы, политики, процедуры, а также знания и опыт отдельных работников, которые ранее не фиксировались* [1].

Системы управления знаниями становятся ключевым инструментом организации инженерных знаний на предприятиях авиа- и энергомашиностроения. Производство высокотехнологичной продукции как сложный инженерный процесс генерирует множество видов документации, которая может храниться в архивах предприятия. Эффективное управление такими данными требует специальной системы организации хранилища, учитывающей: иерархическую структуру, этапы жизненного цикла изделия, взаимосвязи между документами [2].

Разработка высокотехнологичных изделий сопровождается созданием обширной документации, содержащей ценные данные для текущих и будущих проектов. Однако ручной поиск в таких архивах требует значительного времени и высокой квалификации сотрудников. Дополнительные сложности возникают из-за ограничений, связанных с уровнем секретности предприятия. В результате остро ощущается нехватка эффективных локальных решений для интеллектуального анализа архивных документов в автономном режиме.

В промышленности уже применяются специализированные СУЗ, однако они имеют как преимущества, так и существенные ограничения. Одна из них - PLM-системы, которые обеспечивают централизованное управление данными, структурированный поиск и интеграцию с производственными процессами, что сокращает время поиска документов на 40-50%. Однако у данной системы есть свои недостатки и ограничения: высокая стоимость и сложность внедрения, ограниченные возможности семантического поиска и проблемы с неструктурированными данными.

ECM-системы (Enterprise Content Management) широко применяются для организации хранения и поиска технической документации. Преимущества ECM-систем для архивов заключаются в централизованном хранении и управлении документами, гибком поиске и

индексации, а также в интеграции с бизнес-процессами. У данной системы существует ряд недостатков, который делает ее менее эффективной: ограниченный семантический поиск, проблемы с legacy-документами и зависимость от облачных решений [3].

Существующие решения неэффективны и имеют ограничения. Предлагается ИИ-система для быстрой работы с архивными документами. Она обрабатывает большие объемы данных, отвечает на сложные запросы и сохраняет экспертные знания. Ключевые функции: поиск по тематике, краткая аналитика и оффлайн-работа.

Для создания эффективного чат-бота, способного работать с архивной документацией, необходимо опираться на следующие научные принципы:

Обработка естественного языка (NLP) — это раздел искусственного интеллекта и лингвистики, призванный научить компьютеры понимать утверждения или слова, написанные на человеческом языке. Это позволяет боту интерпретировать запросы и находить релевантные документы.

Машинное обучение и классификация текстов - для эффективного поиска в архивах необходимо обучить модели машинного обучения на основе исторических данных. Алгоритмы машинного обучения помогают автоматизировать сложные задачи, такие как классификация документов и извлечение данных, уменьшая время, которое требуется на ручную обработку.

Интеграция с базами данных - архивная документация должна быть структурирована и храниться в специализированных базах данных. Чат-бот должен быть интегрирован с этими системами, чтобы оперативно извлекать необходимую информацию.

Особую сложность представляет требование автономной работы системы без доступа к интернету, что обусловлено соображениями информационной безопасности при работе с документацией, содержащей сведения, составляющие коммерческую и государственную тайну. Чат-бот должен быть оснащен механизмами авторизации и шифрования данных, чтобы предотвратить утечку конфиденциальной информации.

Разработка чат-бота для работы с архивной документацией, создаваемой при разработке высокотехнологичной продукции, — это сложная, но перспективная задача. Внедрение научных принципов ИИ позволяет создать инструмент, который не только упрощает доступ к информации, но и способствует повышению эффективности работы специалистов. В будущем такие решения могут стать неотъемлемой частью архивных систем, обеспечивая быстрый и точный доступ к знаниям, накопленным за десятилетия.

Список литературы

1. Koenig M. What is KM? Knowledge Management Explained. URL: https://www.kmworld.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-KM-Knowledge-Management-Explained-82405.aspx (Дата обращения 28.03.2025)
2. Проданов М.Е., Цой А.Ю. Разработка методики формирования структуры хранилища данных о газотурбинных двигателях // Вестник СГАУ. 2006. №2-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-formirovaniya-struktury-hranilischa-dannyh-o-gazoturbinnyh-dvigatelyah (Дата обращения 28.03.2025).
3. Скворцова Д.А., Романов Н.О. Разработка стратегии развития и внедрения инноваций на промышленных предприятиях / Д. А. Скворцова, // Управление устойчивым развитием. 2022. № 3(40). С. 27-39. DOI 10.55421/2499992X_2022_3_27.

УДК 338.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНВЕСТИЦИЙ В ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП

Ожогин Г.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
ozhogin.0215@mail.ru
Научный руководитель: Фалько С.Г., д.э.н., профессор.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В основе промышленного развития лежат новые технологии. По информации, полученной в ходе исследования ЮНИДО [1], технологии передового цифрового производства имеют значительное положительное влияние на увеличение производительности фирмы.

Технологии передового цифрового производства являются результатом сочетания трех основных компонентов: оборудования, программного обеспечения и средств связи. Отличительными чертами новых машин являются их средства связи, а также гибкость и функциональность при выполнении производственных задач.

Основные возможности для развивающихся стран заключаются в постепенной интеграции новых технологий в существующие производственные системы предыдущего поколения, а также в переоснащении производственных участков, на которых возможна интеграция. Таким образом наиболее эффективным способом внедрения технологий передового цифрового производства является дооснащение существующего оборудования средствами связи.

Однако для реализации этого способа перехода к технология передового цифрового производства необходимо решить проблему устаревания парка промышленного оборудования в России в целом и в РКП в частности. Согласно данным Росстата, средний возраст имеющихся на конец 2023 года машин и оборудования в обрабатывающем производстве по некоммерческим организациям (Роскосмос – некоммерческая организация), в Российской Федерации составляет 13 лет [2].

Таким образом, перед тем как внедрять технологии передового цифрового производства необходимо провести техническое перевооружение предприятий. Это необходимо для перехода к технологиям производства четвёртой промышленной революции и повышения производительности труда в РКП.

Основные инвестиции в перевооружение отрасли направляются в рамках федеральной программы. Оператором бюджетных средств является Роскосмос. Использование преимущественно бюджетных средств в целях финансирования технического перевооружения приводит к легкомысленности в части выбора ОС для закупки по ПТП со стороны предприятий. Это приводит к увеличению количества не используемых ОС на балансе предприятий. Таким образом выделенные бюджетные средства не приводят к увеличению производительности, замораживаются на балансах предприятий.

Для повышения эффективности вложений в техническое перевооружение предложены следующие решения: − создание денежного фонда для финансирования технического перевооружения; − изменение дивидендной политики для стимулирования использования предприятиями отрасли собственных средств для технического перевооружения; − использование механизма лизинга для обновления парка оборудования на предприятиях отрасли.

Список литературы

1. Организация Объединённых Наций по промышленному развитию, 2019. Отчёт о промышленном развитии – 2020. Индустриализация в цифровую эпоху. Обзор. Вена. URL:

https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Russian_overview.pdf (Дата обращения 20.12.2024).
2. Средний возраст имеющихся на конец года транспортных средств по видам экономической деятельности (ОКВЭД-2007), по коммерческим организациям (без субъектов малого предпринимательства, по полной учётной стоимости, в смешанных ценах): Федеральная служба государственной статистики. URL: gks.ru (Дата обращения 20.12.2024).

УДК 004.9

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА СПОРТИВНЫХ СЕКЦИЙ В МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Пахомова Т.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
taya191339@yandex.ru
Научный руководитель: Самохвалов А.Э., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Федеральным проектом «Спорт – норма жизни» была поставлена цель увеличить долю детей и молодежи (возраст до 29 лет), систематически занимающихся физической культурой и спортом, к началу 2025 года до 86 процентов [1]. Далее этот показатель должен только расти. Важность создания в университете благоприятной среды для занятия спортом студентов, ее «цифровая трансформация» отмечены в программе стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» [2].

Автор разработал информационную систему выбора спортивных секций, которая поможет улучшить качество жизни обучающихся, повысить их вовлеченность во внеучебную деятельность и сформировать позитивный имидж учебного заведения. Пользователями являются преподаватели факультета физической культуры и студенты.

Преподаватель вводит в систему общие сведения о спортивной секции, заполняет таблицу физических требований и ограничений и составляет электронное расписание занятий. Студент с помощью мобильного приложения создает свою учетную запись, заполняет анкету с указанием учебной группы (например, «ИБМ6-23б), своих интересов и физических данных. Составленный автором алгоритм на основании введенных данных предложит виды спорта, секции, преподавателей и время занятий.

На лабораторных работах по дисциплине «Теоретические основы информатики. Визуальное проектирование» были созданы UML-диаграммы вариантов использования, компонентов и их развертывания на технических средствах. Расчетные алгоритмы описаны в форме блок-схем и запрограммированы на языке Python. Даталогическая модель состоит из справочников Виды спорта, Ограничения, Секции, Преподаватели, Студенты, Группы и таблицы Расписание. С целью защиты персональных данных организовано хранение сведений в файлах в зашифрованном виде.

Автор статьи предлагает включить свою разработку в единую электронную образовательную среду МГТУ им. Н.Э. Баумана «Электронный университет». Применение современных методов искусственного интеллекта позволит расширить спектр возможностей рекомендательной системы вплоть до составления индивидуальных тренировок студентов.

Список литературы

1. Паспорт федерального проекта «Спорт - норма жизни». URL: https://norma-sport.ru/legal_information/ (Дата обращения 02.04.2025).
2. Постановление Правительства РФ от 13.05.2021 N 729 (ред. от 29.11.2023) «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». URL: https://priority2030.ru/documents (Дата обращения 02.04.2025).

УДК 338

ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕХОДА БИЗНЕСА К ИНДУСТРИИ 5.0

Полетаев К.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
poletaevkv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Герцик Ю.Г., д.э.н., к.б.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Во время стремительных технологических изменений концепция Индустрии 5.0 становится все более актуальной. Она представляет собой новый этап развития промышленности, в котором гармонично сочетаются достижения Индустрии 4.0 и человеческий потенциал. Индустрия 5.0 направлена на создание безопасного, эффективного и устойчивого производства. Переход к Индустрии 5.0 открывает новые возможности для бизнеса, позволяя повысить производительность, улучшить условия труда и достичь устойчивого развития такими средствами, как:

1. Коллаборационные машины

- Коботы — это роботы, работающие в связке с человеком. Их отличает высокая производительность, гибкость, компактность и высокая рентабельность инвестиций. Обеспечивают улучшение условий труда, так как опасные операции, в ходе которых выделяются вредные вещества и пылевые частицы, будут выполнять коботы. Также, использование коботов в связке с предиктивным ИИ позволяет увеличить производительность, так как технология предсказывания дальнейших шагов снижает время между операциями и обеспечивает бесперебойность производственного процесса.

2. Человекоцентричность

- Системы обучения с использованием VR и AR позволяют сотрудникам осваивать новые навыки в безопасной и интерактивной среде. Инструменты для мониторинга психоэмоционального состояния: Датчики и аналитика данных для оценки усталости и стресса на рабочем месте, а также для разработки программ поддержки.

3. Персонализация в массовом производстве

- Персонализация в массовом производстве становится реальностью благодаря интеграции передовых технологий, таких как искусственный интеллект и 3D-печать. Компании могут создавать продукцию, адаптированную под индивидуальные потребности клиентов, сохраняя при этом масштабы массового производства.

4. Синергия технологий

- Интеграционные платформы объединяют данные из различных источников (IoT-сенсоры, AI-системы, производственные линии) для создания единой картины производственного процесса, предсказывания поломок и дефектов продукции и оборудования.

5. Концепция «нулевого доверия» (zero trust)

- Концепция «нулевого доверия» (zero trust) предполагает недоверие к любому пользователю перед началом каждой операции. То есть нулевое доверие — это стратегия безопасности, которая предполагает, что никакому запросу на доступ нельзя доверять автоматически и предоставляется только достаточный объём доступа, необходимый для выполнения задачи, и не более.

Таким образом, переход к Индустрии 5.0 является перспективным направлением для бизнеса. Ключевые преимущества, такие как улучшение условий труда, повышение клиентоориентированности, рост прибыльности, повышение прозрачности и безопасности данных, а также расширение возможностей для малого бизнеса, делают внедрение Индустрии 5.0 стратегически важным шагом для повышения эффективности, устойчивости и клиентоориентированности в различных отраслях.

Список литературы
1. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Российский журнал промышленной экономики. 2021. 14 (4). С. 375-395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395.
2. Maddikunta P.K.R., Pham Q.-V., Prabadevi B., Deepa N., Dev K., Gadekallu T. R., Ruby R., Liyanage M. Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. // Journal of Industrial Information Integration. 2021. DOI: 10.1016/J.JII.2021.100257.

УДК 338.27

УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Постников А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
pav23b035@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Салиенко Н.В., д.э.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Устойчивое развитие определяется взаимосвязью множества характеризующих его показателей [1]. Вместе с тем устойчивость может быть оценена с помощью одного суперкритерия, объединяющего и учитывающего критерии экологической, социальной и экономической сфер [2]. Однако при формировании суперкритерия возникает вопрос – как оценить вклад каждого отдельного критерия в итоговый суперкритерий устойчивого развития в различные периоды времени.

Кроме того, существует 17 взаимосвязанных обобщенных множеств критериев устойчивого развития, относящихся к различным задачам для достижения поставленных целей (17 целей устойчивого развития ООН). Несмотря на то, что каждая из целей поддается оценке и является измеримой, остаются неизвестными вес и степень влияния каждого отдельного подкритерия (их всего 176) на критерии по экологической, социальной и экономической сфере соответственно, а также вес и влияние экологического, социального и экономического критерия на обобщенный суперкритерий. Все это создает помехи для объективной оценки итоговых критериев и суперкритерия, что, в свою очередь, препятствует адекватной оценке преуспевания стран-участников или отдельных предприятий в направлении повестки устойчивого развития.

Концепция ООН опирается на пять основных принципов: первый из них заключается в необходимости обеспечения устойчивого и долгосрочного характера развития при удовлетворении современных нужд без ущерба для будущих поколений. Второй принцип подразумевает изменчивость природно-ресурсных ограничений, обусловленных технологическим прогрессом, социальной организацией и восстановительной способностью биосферы. Третий принцип подчеркивает необходимость удовлетворения базовых потребностей всех людей и предоставления равных возможностей для улучшения качества жизни, что является обязательным условием создания устойчивого и долгосрочного развития. Четвертый принцип призывает к согласованию образа жизни обеспеченных слоев населения, обладающих значительными ресурсами, с экологическими возможностями планеты, включая потребление энергии. Пятый принцип подчеркивает необходимость согласования динамики роста населения с изменениями производственного потенциала глобальной экосистемы Земли [3].

С точки зрения теории систем устойчивость – состояние, в котором для любого сколь угодно малого отклонения от начального состояния, последующее движение системы остаётся вблизи исходной траектории. Любая система управления включает в себя пять звеньев:

источник информации о задаче управления, устройство обработки информации, исполнитель, объект управления, источник информации о результатах управления.

Система оценки устойчивого развития на макро и на микроуровне может быть рассмотрена как многомерная система управления, у которой на вход подается множество критериев устойчивого развития и их веса в данный момент времени, на выходе – расчетное значение суперкритерия и информация о соответствии его фактического значения на данный момент времени плановому.

Поскольку качество управления в организации зависит от устойчивости системы, точности заданных параметров и качества процесса, для нее качественное управление невозможно, если оно является неустойчивым. Для обеспечения устойчивости предприятию необходимо обрабатывать конкретные показатели, поступающие на вход системы, устанавливать между ними взаимосвязь и, после реализации управляющих воздействий и оценке их результатов, путем обратной связи, благодаря которой предоставляется возможным, отслеживать, насколько фактический результат отличается от планового. Достижение устойчивости подразумевает обеспечение минимизации разницы между фактическим и плановым значениями показателей.

Таким образом, применение подхода теории систем к анализу прогресса достижения целевых критериев устойчивого развития является целесообразным, поскольку позволяет объективно оценивать качество управления макро и микропроцессами, а также показатели, отображающие процесс достижения устойчивости.

Список литературы

1. United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development // New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs. 2015. URL: https://sdgs.un.org/2030agenda (Дата обращения 05.05.2025).
2. United Nations Statistical Commission et al. Annex: global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: UN Statistical Commission; 2017 – 2018. URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%20refinement_Eng.pdf (Дата обращения 05.05.2025).
3. Швайко Б.А., Скворцова Д.А., Кузнецов А.А. и др. Обзор методов нормализации критериев устойчивого развития // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 12 (150). С. 44-47.

УДК 65.011

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Пономарева Э.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
ponomarevaeav@student.bmstu.ru
Привознов А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
par21b136@student.bmstu.ru
Шурупова Ю.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
shurupovayus@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Красичкова Н.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»

Современное высокотехнологичное производство требует от управленческого персонала не только глубоких технических знаний, но и развитых навыков стратегического

управления, командного лидерства и оперативной адаптации к изменениям. Однако текущие системы подготовки и оценки управленческих кадров не всегда соответствуют динамике отрасли, что приводит к дефициту квалифицированных управленческих кадров.

Внедрение профессиональных стандартов является важным элементом оценки компетенций. Согласно положениям Российского союза промышленников и предпринимателей [1], профессиональный стандарт предназначен для:

- проведения оценки квалификации и сертификации работников;
- формирования образовательных стандартов и учебных программ;
- унификации требований к содержанию и качеству профессиональной деятельности [2].

Применение профессиональных стандартов позволяет работодателям:

- объективно оценивать квалификацию сотрудников;
- формировать корпоративные программы обучения;
- снижать затраты на подбор и адаптацию персонала.

Примером является профессиональный стандарт «Специалист по проектированию и конструированию космических аппаратов», который регламентирует требования к компетенциям специалистов и служит основой для должностных инструкций в отрасли.

Компетентностный подход предполагает оценку не только технических знаний, но и личностных и управленческих качеств. Таким образом можно выделить, что модель компетенций современного управленца в высокотехнологичном производстве должна включать следующие составляющие:

1. личностные компетенции – инициативность, стрессоустойчивость, системное мышление, гибкость;
2. деловые компетенции – командная работа, стратегическое мышление, управление изменениями;
3. профессиональные компетенции – знание отраслевых технологий, нормативно-правовой базы, управление проектами.

Недостаточная проработка личностных и деловых компетенций у выпускников управленческих направлений технических вузов приводит к проблемам при их адаптации в корпоративной среде, что требует доработки образовательных программ с акцентом на управленческое развитие.

Современные методы оценки компетенций управленческих кадров [3] включают:

1. Оценку по ключевым показателям эффективности (KPI). Позволяет измерить результативность управленческих решений на основе объективных данных (сроки выполнения проектов, экономическая эффективность).

2. Метод 360-градусной оценки. Включает обратную связь от подчиненных, коллег и руководителей, давая комплексное представление о компетенциях руководителя, показывает, удовлетворенность сотрудников.

3. Кейсовый метод. Оценка решений, принимаемых кандидатом в реальных или смоделированных ситуациях.

4. Центры оценки. Включают групповое моделирование рабочих ситуаций, тестирование, интервью.

Эффективная оценка и развитие компетенций управленцев высокотехнологичного производства требует сочетания профессиональных стандартов, компетентностного подхода и современных методов оценки. В условиях цифровизации и глобальной конкуренции корпорациям необходимо формировать внутренние экосистемы, развивающие управленческий потенциал сотрудников. Внедрение многоуровневых методов оценки позволит не только повысить эффективность управления, но и ускорить адаптацию молодых специалистов, формируя новое поколение руководителей для высокотехнологичного производства.

Список литературы
1. Положение Общероссийского объединения работодателей «Российский союз промышленников и предпринимателей». URL: https://rspp.ru/about/docs/ (Дата обращения 05.05.2025).
2. Арефина О.В., Кукушкин С.Г. Профессиональный стандарт как основа профессионального образования // Решетневские чтения. 2013. Т. 2. № 17. Pp. 459-460.
3. Комиссаров А.Г. Методология оценки компетенций и отбор высших управленческих кадров. // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2023. В. 1. № 1. С. 63–85. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-58-1-4.

УДК 65.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В НОРМИРОВАНИИ ТРУДА

Рожкова Е.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
roshkova@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Третьякова В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Нормирование труда играет ключевую роль для российских предприятий и всей экономики, поскольку является важной частью управления трудом. Это эффективный инструмент, способствующий решению одной из главных задач – повышению производительности труда посредством улучшения его организации. Благодаря нормированию труда удается повысить эффективность, оптимизировав рабочую нагрузку, обеспечив прозрачность заработной платы и уменьшив трудоемкость, тяжесть и интенсивность труда.

В условиях стремительной цифровизации промышленности традиционные методы нормирования труда демонстрируют свою ограниченность и несоответствие современным производственным реалиям. Классические подходы, такие как хронометраж и фотография рабочего дня, разработанные еще в эпоху централизованной плановой экономики, сегодня сталкиваются с рядом системных проблем. Прежде всего, это чрезвычайная трудоемкость процессов сбора данных - для получения одного норматива требуется в 10-100 раз больше времени, чем длительность самой нормируемой операции [1]. Кроме того, ручные методы неизбежно несут в себе элемент субъективности и не позволяют оперативно реагировать на изменения технологических процессов.

В этом контексте особый научный и практический интерес представляет внедрение технологий Интернет вещей (IoT — Internet of Things) для автоматизации процессов нормирования труда. Эта перспективная технология, несмотря на свое относительно недавнее появление, уже зарекомендовала себя как одна из ключевых областей развития информационно-коммуникационных технологий и привлекает значительное внимание в различных отраслях [2].

С помощью современных IoT-систем можно предложить принципиально новую парадигму нормирования, основанную на концепции непрерывного мониторинга производственных процессов. В отличие от выборочных ручных замеров, такие системы обеспечивают круглосуточный сбор объективных данных со всего производственного оборудования и рабочих мест.

Принцип работы систем "умного" управления на основе IoT заключается в том, что датчики и устройства, установленные в многих зонах предприятия, собирают данные о различных аспектах его работы, таких как затраты времени на выполнение операции, время работы оборудования, состояние оборудования, температура, уровень запасов,

физиологические параметры сотрудников и прочее. Собранная информация передается по сети и анализируется централизованной системой управления, в которую интегрирован искусственный интеллект.

Внедрение технологии Интернет Вещей достаточно затратное мероприятие, и предприятию необходимо принять решение о целесообразности ее внедрения. Но теоретический расчет внедрения технологии показывает впечатляющие результаты. Ожидается сокращение времени разработки нормативов на 85-90%, повышение точности расчетов на 30-40%. Тем самым мы минимизируем риски человеческой ошибки, снижаем затраты и обеспечиваем круглосуточный мониторинг всех производственных процессов без участия человека. В перспективе внедрение «умной» системы нормирования труда позволит предприятиям значительно повысить производительность труда. При этом важно понимать, что успешная цифровая трансформация процессов нормирования требует комплексного подхода, учитывающего не только технологические аспекты, но и необходимость организационных изменений, обучения персонала и пересмотра существующих управленческих практик.

Цифровые технологии открывают новые горизонты для создания принципиально новой системы нормирования труда - динамичной, точной и адаптивной. Переход от традиционных методов к интеллектуальным системам на базе IoT и Искусственный интеллект (ИИ) позволяет не только решить текущие проблемы нормирования, но и создать основу для управления производительностью труда в условиях Industry 4.0 [3]. Интеграция новых подходов к нормированию труда позволит предприятиям оставаться конкурентоспособными в условиях быстро меняющегося рынка.

Список литературы

1. Пашуто В.П. Организация и нормирование труда на предприятии: учеб. пособие / 2-е изд., испр. и доп. Москва: КноРус, 2019. 320 с.
2. Интернет вещей (IoT): решения в мониторинге условий труда на рабочих местах и обеспечение быстрого реагирования на возникающие проблемы // HSEDays URL: https://hsedays.ru/870-internet-veschej-iot-reshenija-v-monitoringe-uslovij-truda-na-rabochih-mestah-i-obespechenie-bystrogo-reagirovanija-na-voznikajuschie-problemy.html (Дата обращения 05.05. 2025).
3. Герман В., Штраус М. Индустрия 4.0: практическое руководство по внедрению. Санкт-Петербург: Питер, 2020. 256 с.

УДК 338

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ КОММЕРЧЕСКИХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Розанов Д.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
daniilrozanov@mail.ru
Научный руководитель: Костырин Е.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Актуальность исследования модели управления инвестициями в технологическое оборудование коммерческих стоматологических организаций обусловлена рядом факторов, влияющих на эффективность и устойчивость их деятельности в современных условиях. В условиях стремительного развития технологий и растущей конкуренции на рынке стоматологических услуг оптимизация инвестиционных процессов становится ключевым

аспектом, способствующим улучшению качества предоставляемых услуг и повышению уровня удовлетворенности пациентов.

Замена оборудования – важная экономическая проблема. Задача состоит в определении оптимальных сроков замены старого оборудования (станков, производственных зданий и т.п.). Старение оборудования включает его физический и моральный износ, в результате чего растут производственные затраты, затраты на ремонт и обслуживание, снижаются производительность труда, ликвидная стоимость. Критерием оптимальности являются, как правило, либо прибыль от эксплуатации оборудования (задача максимизации), либо суммарные затраты на эксплуатацию в течение планируемого периода (задача минимизации).

При построении модели задачи принято считать, что решение о замене выносится в начале каждого промежутка эксплуатации (например, в начале года) и что в принципе оборудование можно использовать неограниченно долго.

Основная характеристика оборудования – параметр состояния – его возраст t.

При составлении динамической модели замены процесс замены рассматривают как n-шаговый, разбивая весь период эксплуатации на n шагов. Возможное управление на каждом шаге характеризуется качественными признаками, например, X^c (сохранить оборудование), $X^з$ (заменить) и X^p (сделать ремонт).

Рассмотрим конкретный пример.

Оборудование эксплуатируется в течение 5 лет, после этого продается. В начале каждого года можно принять решение сохранить оборудование или заменить его новым. Стоимость нового оборудования p_o=450000 руб. После n лет эксплуатации (1 меньше либо равно t меньше либо равно 5) оборудование можно продать за 250000 рублей (ликвидная стоимость). Затраты на содержание в течение года зависят от возраста n оборудования и равны r(t)=50000 (t+1). Определить оптимальную стратегию эксплуатации оборудования, чтобы суммарные затраты с учетом начальной покупки и заключительной продажи были минимальны.

Решение. Способ деления управления на шаги естественный, по годам, n = 5. Параметр состояния – возраст машины – S_{k-1}=t, S_o=0 – машина новая в начале первого года эксплуатации. Управление на каждом шаге зависит от двух переменных X^c $X^з$.

Уравнения состояний зависят от управления:

$$S_k = \begin{cases} t+1 & \text{если } X_k = X_c \\ 1 \text{ если } X_k = X_з, k = 1,2,3,4 \end{cases} \quad (1)$$

В самом деле, если к k-му шагу S_{k-1}=t, то при сохранении машины (X_k=X^c) через год возраст машины увеличится на 1. Если машина заменяется новой (X_k=X^3), то это означает, что к началу k-го шага ее возраст t=0, а после года эксплуатации t=1, т.е. t=1.

Показатель эффективности k-го шага:

$$F_k = (X_k, t) \begin{cases} 500000(t+1) & \text{если } X_k = X_c \\ 50000 - 450000 * 2 - t & \text{если } X_k = X_з \end{cases} \quad (2)$$

Пусть Zk∗(t) – условные оптимальные затраты на эксплуатацию машины, начиная с k-го шага до конца, при условии, что к началу k-го шага машина имеет возраст t лет. Запишем для функции Zk∗(t) уравнения Беллмана, заменив задачу максимизации на задачу минимизации:

$$Z_s * = min = \begin{cases} 100(t+1) - 450 \cdot 2 - (t+1), \text{если } X_5 = X_c \\ 550 - 100 \cdot 2 - t \ - 100 \cdot 2 - (t+1), \text{если } X_5 = X_з \end{cases} \quad (3)$$

Величина 450·2−(t+1) – стоимость машины возраста t лет (по условию машина после 5 лет эксплуатации продается).

$$Z_k *= min = \begin{cases} 100(t+1) + Z_k + 1 * (t+1), \text{если } X_k = X_c \\ 550 - 100 \cdot 2 - t + Z_k + 1 * (1), \text{если } X_k = X_3, k = 4,3,2,1 \end{cases} \quad (4)$$

Из определения функций Zk∗(t) следует, что

$$\mathrm{Z_{min}} = \mathrm{Z_1} * (0) \quad (5)$$

Как уже отмечалось, модели и вычислительная схема ДП очень гибки в смысле возможностей включения в модель различных модификаций задачи. Например, аналогичная задача может быть рассмотрена для большого числа вариантов управления, «ремонт», «капитальный ремонт» и т.д. Можно рассматривать замену оборудования новым с учетом технического прогресса, можно учесть изменения в затратах на эксплуатацию оборудования после его ремонта, в зависимости от года эксплуатации (дороже, дешевле). Все эти факторы можно учитывать вычислительной схемой ДП.

Список литературы

1. Муртазалиева А. Инвестиционные аспекты развития мирового и российского рынков стоматологических услуг // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnye-aspekty-razvitiya-mirovogo-i-rossiyskogo-rynkov-stomatologicheskih-uslug (Дата обращения 05.05.2025)
2. Парасоцкая Н.Н., Особенности и проблемы инвестиционной деятельности организаций медицины России. Бухучет в здравоохранении. 2020. № 1. URL: https://panor.ru/magazines/bukhuchet-v-zdravookhranenii/numbers/2659.html# (Дата обращения 05.05.2025).
3. Федорова А.А., Куминова М.В. Оценка финансовой реализуемости стоматологического бизнеса на примере стоматологической клиники г. Иркутск // Экономика и социум. 2022. № 11 (102)-1. С.952-956.

УДК 338.49

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕРВИСНОЙ ЛОГИСТИКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ромашова А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
romashova.ann@mail.ru
Научный руководитель: Герцик Ю.Г., д.э.н., к.б.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В современной мировой экономике товары и услуги, капитал, рабочая сила, знания и информация перемещаются с высокой скоростью практически без ограничений, поэтому формализованное описание явлений и объектов выходит на первый план, и повсеместно внедряются информационные системы. В сервисной логистике для оптимизации управления запросами поддержки клиентов или сотрудников целесообразно внедрять программные системы для управления сервисом, которые создаются для поддержки управление жизненным циклом услуг, включая планирование, проектирование, переход, доставку и улучшение услуг, которые соответствуют согласованным требованиям и обеспечивают ценность для клиентов, пользователей и организации, предоставляющей услуги.[1] В условиях роста конкуренции и требований к качеству сервиса оптимизация сервисных логистических процессов становится ключевым фактором повышения эффективности бизнеса. Интеллектуальные системы управления (ИСУ) на основе методов искусственного интеллекта и анализа данных позволяют автоматизировать принятие решений, снижать издержки и улучшать обслуживание клиентов.

Для разработки оптимизационной модели сервисной логистики, использующей интеллектуальные системы управления для прогнозирования спроса, планирования

маршрутов, управления запасами и автоматизации процессов обслуживания включает следующие основные задачи**:** определение целей и задач оптимизации; анализ существующих процессов; обзор современных методов и технологий оптимизации; проектирование математической и имитационной модели; внедрение алгоритмов прогнозирования и адаптивного управления для минимизации простоев и повышения качества сервиса; программная реализация и интеграция с существующими системами; тестирование и корректировка; оценка экономической эффективности предложенной модели на реальных данных; внедрение и масштабирование. К основным методам, применяемым для решения практических задач в области логистики, следует отнести методы системного анализа, методы теории исследования операций, кибернетический подход и прогностику. Применение этих методов позволяет прогнозировать движение материальных, финансовых и информационных потоков, создавать интегрированные системы их управления и планирования [2].

В результате внедрения систем сервисного управления ожидается **с**нижение логистических издержек за счет оптимизации маршрутов и управления ресурсами, повышение точности прогнозирования спроса и сокращение времени реагирования на изменения, автоматизация рутинных процессов обслуживания с помощью интеллектуальных систем. Модель может быть внедрена как в сервисных компаниях (ИТ-поддержка, ремонтные службы, медицинская логистика) для повышения операционной эффективности и удовлетворенности клиентов, так и в производственных (машиностроительная отрасль, энергетика и нефтегазовая отрасль, фармацевтическая промышленность, авиакосмическая и транспортная отрасль) для повышения удовлетворенности сотрудников внутри организации.

Список литературы

1. ISO/IEC 20000-1:2018(en) Information technology — Service management. Part 1: Service management system requirements. URL: https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso-iec:20000:-1:ed-3:v1:en (Дата обращения 25.02.2025)
2. Миротин Л.Б., Омельченко И.Н., Колобов А.А. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции: учебник / под редакцией Л. Б. Миротина, И. Н. Омельченко. Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. 644 с. URL: https://e.lanbook.com/book/63251 (Дата обращения 18.02.2025).

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В КРЕДИТНОМ СКОРИНГЕ

Русанов Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
danil_rusanov03@mail.ru
Научный руководитель: Горлачева Е.Н., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Машинное обучение (МО) сегодня выступает одним из главных катализаторов изменений в банковской сфере — традиционно консервативной части финансовой системы. Алгоритмы МО способны анализировать колоссальные объемы информации, обнаруживать в них скрытые взаимосвязи и формировать выводы, полезные для принятия управленческих решений.

Одним из наиболее востребованных направлений развития МО в банкинге является кредитный скоринг — оценка вероятности возврата заемных средств. По своей сути этот процесс сводится к решению задачи бинарной классификации: система должна определить, стоит одобрить выдачу кредита клиенту или нет. Важность этой задачи сохраняется, поскольку, несмотря на развитие в банках экосистемных моделей, кредитование продолжает генерировать основную часть их доходов. Даже незначительное улучшение точности скоринга

дает возможность снижать риски без потери доходности или, наоборот, увеличивать доходность при фиксированном уровне рисков. [1]

В данной работе описан простейший пример решения задачи кредитного скоринга с помощью применения машинного обучения. Данные для обучения и валидации модели взяты из открытых источников и представляют собой датасет, состоящий из 613 строк с информацией о заёмщиках. Объем данных достаточно мал для получения высокого качества прогнозов, но является приемлемым для решения нашей задачи. Почти каждая строка содержит информацию о семейном положении заемщика, количестве детей, образовании, уровне дохода заемщика и созаемщика, сроке и сумме займа и др. Всего в данных выделено 12 признаков. В качестве целевой переменной был выбран числовой бинарный признак со статусом займа.

Стоить отметить, что в датасете также присутствует признак, связанный с кредитной историей, который является бинарной числовой переменной и совмещает в себе упрощенное представление об удовлетворительности кредитной истории клиента. Такой признак, очевидно, имеет сильную корреляцию с целевой переменной, а его наличие освобождает нас от большей части работы, т.к. для задачи анализа кредитных историй в индустрии зачастую проектируются отдельные модели. Однако полагаться только на него недопустимо, ведь кредитная история может отсутствовать, если клиент впервые обращается за кредитом.

В реальности банки работают с подобными данными как с временными рядами, применяя к ним модели глубокого обучения. [2] Однако объем данных, имеющийся у нас в распоряжении, не позволяет придерживаться такого подхода. Указанным выше моделям нужно гораздо больше данных, чтобы результаты их прогнозов были выше, чем у тех, что мы рассмотрим далее. [3]

Малый объем данных также наложил ограничения на возможности предобработки: было необходимо минимизировать потери данных. Ввиду этого удаление строк с пропущенными значениями производилось только после того, как пропуски в столбцах с доходами заемщика и созаемщика, а также сроками и суммами займа были заполнены медианными значениями соответствующих столбцов, что позволило сохранить до 36 строк.

После предобработки в датасете осталось 511 строк. Для тестовой выборки было отложено 10% от этого объема. Оставшиеся строки были поделены между обучающей и валидационной выборками в соотношении 8:2. При разделении применялась стратификация для сохранения соотношений классов в выборках. После все выборки были стандартизированы.

Следующим этапом был выбор моделей и метрик, с помощью которых оценивалось их качество. Как уже упоминалось выше, наша задача сводится к бинарной классификации, а её решение будет упрощенным. Поэтому в качестве рассматриваемых моделей были выбраны следующие: логистическая регрессия, дерево решений, случайный лес и градиентный бустинг. Для оценки их качества учитывались следующие метрики: доля правильных ответов (Accuracy), точность (Precision), полнота (Recall), а также метрика F1 и ROC-AUC. Чтобы оценивать оптимистичность прогнозов моделей, также применялась матрица ошибок (Confusion matrix).

После обучения модели оценивались с использованием кросс-валидации и стратификации с разбиением на 5 страт, что позволило дополнительно рассчитывать средние значения метрик ROC-AUC и Precision. Первая является общепринятой и наиболее полно отражает качество полученной модели, а вторая наиболее важна с точки зрения бизнеса: её увеличение сигнализирует о том, что модель стала реже выдавать кредит неблагонадежному заемщику. Среди выбранных ранее моделей в итоге лучше всего себя показал градиентный бустинг, однако сами результаты были не столь выдающимися. Кроме того, почти все модели ошибочно давали слишком оптимистичные прогнозы.

В стремлении к улучшению результатов было принято решение исключить выбросы в тех столбцах обучающей выборки, в которых ранее мы заполняли пропуски, и произвести

взвешивание классов, после чего заново обучить модели. Метрики всех моделей улучшились, но незначительно. Градиентный бустинг, к которому к тому же не применялось взвешивание, остался на лидирующей позиции со средними ROC-AUC и Precision, равными 0,72 и 0,81 соответственно, и был выбран для кросс-валидации на тестовой выборке.

В финальном испытании градиентный бустинг показал результаты, которые были немного хуже: ROC-AUC, равный 0,68, и Precision, равный 0,79. Полученные значения, вероятно, неприемлемы для модели, которая используется в реальном банке, однако они позволяют понять, что МО имеет огромный потенциал к совершенствованию и является одним из эффективнейших инструментов ведения финансового бизнеса на сегодняшний день.

Список литературы

1. Скоринг за секунды: как нейросети изменили выдачу кредитов // РБК. URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/644942449a7947981d14f327 (Дата обращения 26.03.2025).
2. Алёшин Н.А. Рекуррентные нейронные сети // World science: problems and innovations. 2021. URL: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2021/04/MK-1050.pdf#page=10 (Дата обращения 25.03.2025).
3. Дядюнов Д.А. Машинное обучение для риск-менеджмента в банке: возможности и вызовы // Вестник науки. 2025. Т. 1. № 1 (82). С. 265-273. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-dlya-risk-menedzhmenta-v-banke-vozmozhnosti-i-vyzovy (Дата обращения 19.03.2025).

УДК 339.13

ТОВАРНАЯ ПОЛИТИКА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕПРИЯТИЯ

Самарин А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
samarinav@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Яценко В.В., д.э.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Исследование посвящено разработке товарной политики промышленного предприятия, в камках деятельности которого разрабатываются передовые, ёмкие, экономически оправданные решения по созданию и развитию отечественного трансформаторного оборудования, автономных энергетических установок, электроагрегатов и электростанций, а также автоматизации технологических и бизнес-процессов

Для предприятия важно поддерживать конкурентоспособность своей продукции, поэтому необходимо разработать товарную политику. Методов для сравнения продукции с конкурентами существует множество, но в рамках статьи был выбран метод анализа иерархий, т.к. он дает наглядное представление о том как влияет на цель каждый критерий и каждая альтернатива (в нашем случае производители трансформаторов). Для исследования необходимо было выбрать трансформатор одной мощности.

Для оценки производителей трансформаторов было выбрано 4 критерия: стоимость трансформатора, условия покупки трансформаторов (размер предоплаты), условия поставки (срок поставки), гарантия. Т.к. качество трансформаторов примерно одинаковое, то критерии были выбраны наиболее значимые для сервисного обслуживания покупателей, т.к. именно сервис отражает в наибольшей степени конкурентоспособность предприятия в отрасли. Был выбран метод анализа иерархий, потому что он предоставляет систематический метод сравнения альтернатив между собой с учётом всех критериев, что помогает выявить оптимальный вариант, а также делает процесс принятия решений более прозрачным, так как он формализует логику и критерии, которые используются при принятии решений. В целом,

метод анализа иерархий является мощным инструментом для решения сложных проблем принятия решений, особенно в ситуациях, где учитывается множество критериев и альтернатив. Метод анализа иерархий широко используется в менеджменте, инженерии, экономике и других областях. Его главная цель – помочь приоритизировать альтернативы в сложных ситуациях, где у различных критериев разная важность.

В условиях рынка потребителя товарная политика приобретает все более значимую роль на предприятии. Товарная политика укажет на проблемы в организации, которые необходимо будет решить для повышения конкурентоспособности на рынке. Для формирования товарной политики был проведен метод анализа иерархий, по которому была получена информация о необходимости снижения себестоимости продукции.

Список литературы

1. Самарин А.В. Товарная политика для ООО «Проектэлектротехника» // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. В. 9. (147). URL: https://research-journal.org/archive/9-147-2024-september/10.60797/IRJ.2024.147.39 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 336.763.21

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ АКЦИЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ, ВЫХОДЯЩИХ НА РЫНОК ПЕРВИЧНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ

Селиверстов Д.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
seliverstovdyu@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Баланцев А.Б., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях санкционного давления и высокой процентной ставки высокотехнологичные компании нуждаются в доступных источниках финансирования. В настоящее время все больше и больше фирм выходят на рынок IPO (первичное публичное размещение) в основном с целью получения дополнительных средств для развития бизнеса. Значимым источником инвестиционных средств на бирже выступают физические лица, на долю которых приходится свыше 40% активов. Однако, чтобы население хотело участвовать в первичных размещениях, цены акций должны быть оценены на справедливом уровне, а лучше предложены с дисконтом, чтобы уменьшить вероятность снижения котировок сразу после размещения, иначе у непрофессионалов может появиться отторжение к инвестированию в IPO.

Поэтому цель настоящей работы – описать способ получения оценки справедливой цены акций на основе сравнительного подхода, который в наибольшей степени был бы применим для высокотехнологичных компаний, выходящих на IPO.

В большинстве учебной литературы сравнительный подход на основе мультипликаторов заключается лишь в подсчете основных текущих показателей P/E, EV/EBITDA, P/S, P/B и других. Сокращения, используемые в мультипликаторах расшифровываются так: P- цена акции компании (price), E- чистая прибыль, приходящаяся на акцию (earnings per share) , EV – стоимость всего бизнеса (enterprise value), EBITDA – прибыль до налогов, процентных выплат по долгу и амортизации материальных и нематериальных активов, S- выручка, приходящаяся на одну акцию (sales per share), B – балансовая стоимость акции (book value). Дальнейшее сравнение компаний заключается в нахождении среднего значения мультипликатора по сектору и сравнение этого среднего с аналогичным мультипликатором оцениваемой компании [1]. Однако данная оценка таит в себе

значительную погрешность, так как каждая компания имеет разные характеристики, такие как: маржинальность, темпы прироста и др.

Определим цену акции по модели Гордона с простыми темпами прироста [2]:

$$P = \frac{DIV_1}{r-g} = \frac{E_1*(1-b)}{r-g}, \quad (1)$$

где DIV_1 – дивиденды, ожидаемые за следующий период;

b – коэффициент реинвестирования чистой прибыли;

g – темпы прироста чистой прибыли;r – ставка дисконтирования;

E_1 – чистая прибыль на 1 акцию, ожидаемая на следующий период.

Тогда, если поделить полученную цену на E_1 получим мультипликатор P/E и принять реинвестирование заработанной прибыли равной нулю b=0 [2], получим:

$$\frac{P}{E} = \frac{1}{r-g} \quad (2)$$

Из полученного соотношения можно сделать вывод, что чем больше темпы прироста чистой прибыли, тем больше значение мультипликатора P/E. Стоит отметить, что ставка дисконтирования для компаний из одного сектора принимается одинаковой для всех, из-за того, что чувствительность сектора к изменениям в экономической среде одинаковая [1].

Для компаний высокотехнологичного сектора сравнение по мультипликатору P/E не всегда является корректным, так как чистая прибыль может быть меньше нуля, в этом случае обращаются к мультипликаторам P/S, EV/EBITDA. По аналогии с проведенными выше расчетами можно доказать, что EV/EBITDA тем выше, чем выше темпы прироста EBITDA. Для мультипликатора P/S для сравнения используют показатель рентабельности чистой прибыли (net profit margin).

Следующим шагом в сравнении является построение графика, в котором одна из осей — это выбранный мультипликатор, вторая – показатель, обычно это темпы прироста или маржинальность в зависимости от мультипликатора. На этом графике отражается все публичные компании, которые торгуются на бирже, затем строится аппроксимирующая кривая (обычно это прямая линия) [3].

На основе данных о показателе анализируемой компании (темпы прироста или рентабельности) делается вывод о том, в какой точке аппроксимирующей прямой должна лежать компания, далее по графику определяется мультипликатор, из которого находится справедливая цена акции компании.

Данный способ оценки поможет участникам рынка лучше оценивать справедливую цену компании, выходящей на IPO, что будет вызывать интерес розничных инвесторов к рынку первичных размещений, что, в свою очередь, в долгосрочной перспективе приведет к увеличению капитализации фондового рынка и росту доверия людей к столь интересному рыночному институту.

Список литературы

1. Berk J., DeMarzo P. Corporate Finance. The Core. / 3rd ed., Stanford University. New York: Pearson, 2013. 1136 p.
2. Чиркова Е.В. Как оценить бизнес по аналогии: пособие по использованию сравнительных рыночных коэффициентов / Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 224 с.
3. Теплова Т.В. Инвестиции: учебник и практикум для вузов / 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 781 с.

УДК 658.14

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ МАЛЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ ПРОЕКТОВ

Сидорова М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
sidorovama@student.bmstu.ru
Научный руководитель Пилюгина А.В., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Одним из основных направлений политики России в области научно-технического развития являет создание благоприятных условий для развития малых технологических компаний (далее МТК) [1], что может осуществляться в том числе за счет привлечения таких организаций к выполнению контрактов с крупными компаниями и государственными органами. Препятствием к выполнению крупных заказов для МТК может являться недостаток собственных источников финансирования. Одним из наиболее распространённых путей решения данной проблемы является привлечение заемного финансирования.

Институциональные, в том числе и государственные, инвесторы могут быть заинтересованы в подобных инвестиционных проектах, так как конечным покупателем продукции в них будет структура с государственным участием, что минимизирует риск невозврата заемных средств. Среди факторов, осложняющих подобные сделки можно перечислить наличие сложных и многоуровневых проверок потенциальных заемщиков, проводимых инвесторами, которые затягивают процессы одобрения сделок. Для преодоления этого барьера может быть использована специальное приятие (далее – СП) [2], выполняющее роль посредника, на которую будет выделяться заемное финансирование.

Реализовывать проект через подконтрольное инвестору СП можно двумя путями. В первом случае СП будет осуществлять авансированные закупки готовой продукции у компаний производителя, что позволит увеличить последним объем рабочего капитала под выполнение крупных заказов, и поставлять ее конечным заказчикам. При таком механизме взаимодействия количество проверочных мероприятий сводится к минимуму, за счет наличия контроля над СП, но возрастает репутационный риск в случае невыполнения контракта [3].

Для усиления контроля инвестора за добросовестностью деятельности МТК, являющийся в данном случае поставщиками СП, должны быть проведены проверки МТК структурами безопасности, при этом должна быть предоставлена информация и о компаниях, у которых в свою очередь закупаются комплектующие и материалы для производимых МТК продуктов.

При второй схеме реализации проекта СП будет самостоятельно осуществлять закупки необходимых комплектующих и материалов и оплачивать МТК только сборку и лицензии на использование программного обеспечения. В этом случае на СП ложиться как необходимость контроля за своевременностью поставок, так и значительная часть операционных расходов по проекту. При этом МТК должна будет передать СП исчерпывающую информацию о сети своих поставщиков, что может противоречить ее интересам.

Санкционное давление затрудняет процесс приобретения и транспортировки комплектующих и сырья из-за границы. МТК минимизируют риски, связанные с ограничением на зарубежные поставки, путем закупки необходимой продукции через нескольких поставщиков. С одной стороны такой подход снижает зависимость компании от конкретных поставщиков и позволяет оптимизировать затраты, с другой стороны возникают правовые риски. Концентрация таких рисков на СП, через которое идут крупные контракты с государственным участием, может быть не допустима.

Про веденный анализ подчеркивает необходимость соблюдения баланса между операционным контролем и объемом репутационных рисков при реализации проектов с участием МТК. Схемы ускорения процессов одобрения выдачи финансирования не должны

допускать концентрации излишних рисков на СП, ведущем деловые отношения с крупными заказчиками. Основой для принятия решения о структуризации сделки должна быть деловая репутация участников производственного процесса, включая ключевых членов команды МТК и ее поставщиков.

Список литературы

1. Фомин А.А. Формирование и реализация стратегий инновационного и научно-технологического развития в России // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 4. С. 595-608. DOI 10.55186/2413046X_2024_9_4_222.
2. Дмитряшова И.А., Винокуров А.В., Соркин Г.М. Актуальные вопросы цифровизации и проблемы экономической поддержки малого инновационного предприятия при выполнении НИОКР в рамках ГОЗ // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ЭКОПРОМ): сборник трудов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, (Санкт-Петербург, 01–02 ноября 2024 года). Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2024. С. 72-78. DOI 10.18720/IEP/2024.4/9.
3. Божко Е.А., Юсупова М.Г. Анализ результатов контроля соблюдения контрактного законодательства на этапе исполнения контракта // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 9. С. 3751-3760. DOI 10.18334/epp.13.9.118897.

УДК 338.001.36

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ BI СИСТЕМ ПОСЛЕ УХОДА ИНОСТРАННЫХ ВЕНДОРОВ

Федорченко М.В., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
fedorchenko.mariam@yandex.ru,
Научный руководитель: Герцик Ю.Г., д.э.н., к.б.н., доцент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В современном мире деятельность крупных организаций неразрывно связана с большим количеством информации. Для обработки внушительного потока данных в корпорациях развертывается комплекс транзакционно-аналитических систем, которые помогают складировать, обрабатывать и анализировать полученную информацию. Наиболее популярным классом систем для анализа и визуализации данных являются Business Intelligence (далее BI) системы. Российский рынок BI решений наполнен отечественными производителями, при этом достаточно крупная доля рынка до недавних пор принадлежала иностранным компаниям. В данной статье мы разберемся в том, как уход западных организаций повлиял на рынок BI систем Российского производства. Для этого мы проанализируем финансовую отчетность и ценовую политику передовых отечественных производителей, а также портфель проектов ведущей компании-интегратора ООО «КРОК Инкорпорейтед».

Для дальнейшего исследования было выбрано три наиболее крупных Российских производителей: Форсайт – ООО «ФОРСАЙТ» ИНН 7715841300, Visiology – ООО «ВИЗИОЛОДЖИ» ИНН 7705352195, LuxmsBI – ГК «Luxms» подразделяется на ООО «ЯСП» ИНН 7811137866 и ООО «ЭрСиЭс Лабс» ИНН 7840441677. Для анализа будем учитывать три показателя в динамике по 2021г., 2022г., 2023г. [1]: выручка (B), рентабельность от продаж (ROS) и чистую прибыль (NI). 2021 год – год присутствия иностранных производителей, 2022, 2023г. – период их ухода с Российского рынка. 2021г. – Форсайт: $B = 561\,713$ тыс. руб., $ROS = 9\%$, $NI = 2\,907$ тыс. руб., Visiology: $B = 132\,383$ тыс. руб., $ROS = 3\%$, $NI = -1\,387$ тыс. руб., LuxmsBI: $B = 186\,008$ тыс. руб.,

$ROS = 19\%$, $NI = 32\,844$ тыс. руб. 2022г. – Форсайт: $B = 568\,326$ тыс. руб., $ROS = 12\%$, $NI = 4\,173$ тыс. руб., Visiology: $B = 301\,276$ тыс. руб., $ROS = 48\%$, $NI = 139\,733$ тыс. руб., LuxmsBI: $B = 302\,966$ тыс. руб., $ROS = 18\%$, $NI = 55\,152$ тыс. руб. 2023г. – Форсайт: $B = 1\,274\,984$ тыс. руб., $ROS = 32\%$, $NI = 250\,932$ тыс. руб., Visiology: $B = 331\,049$ тыс. руб., $ROS = 15\%$, $NI = 47\,514$ тыс. руб., LuxmsBI: $B = 560\,834$ тыс. руб., $ROS = 39\%$, $NI = 219\,077$ тыс. руб. На основании указанных данных видно, что в 2021 году организации имеют достаточно скромные финансовые показатели, которые резко растут в 2022 и 2023 годах, ровно после ухода иностранных конкурентов с рынка [1]. Это говорит нам о благоприятном влиянии указанного события на развитие отечественных компаний.

Также, в условиях текущей политической и экономической ситуации возросла поддержка локальных продуктов, например, таких как 1С BI. Как известно, компания ООО «1С» ИНН 7709860400 после ухода иностранных компаний стала занимать 1ое место среди отечественных производителей ИТ-систем. Для того, чтобы заменить на рынке BI систем продукты ушедших компаний, они выпустили приложение 1С: Аналитика. Оно обладает рядом преимуществ, которые делают его конкурентоспособным на фоне ушедших иностранных компаний в области бизнес-аналитики [2]. Во-первых, оно легко интегрируется с другими системами 1С, что упрощает обработку и анализ данных, обеспечивая единую экосистему для управления бизнес-процессами. Во-вторых, 1С Аналитика предлагает высокую настройку и гибкость: пользователи могут самостоятельно формировать отчеты и dashboards в соответствии с конкретными потребностями бизнеса, что делает инструмент адаптируемым к различным отраслям. Другим важным преимуществом является поддержка постоянного развития и обновления продукта от компании 1С, что обеспечивает пользователям доступ к современным решениям для анализа данных. Многопользовательский доступ позволяет нескольким пользователям одновременно работать с данными, что способствует коллективной работе и обмену знаниями внутри организации.

Суммируя комплексный анализ по Российским производителям BI решений, можно прийти к выводу, что хотя рынок BI систем и пострадал сильно после ухода иностранных компаний, однако отечественные производители в течение последних 3ех лет предоставили продукты высокого уровня, которые сделали отечественный рынок конкурентоспособным.

Список литературы

1. Аудит IT. Бухгалтерский отчет. URL: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/ (Дата обращения 01.04.2025).
2. 1С-Аналитика. URL: https://v8.1c.ru/platforma/1s-analitika/ (Дата обращения 01.04.2025).

УДК 330.4

R/S-АНАЛИЗ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЭКОНОМИКЕ

Фролова А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
frolovaav@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скворцова Д.А., к.т.н, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

По современным представлениям динамика финансового рынка не может быть точно описана с помощью традиционных статистических методов. Нерациональное поведение участников рынка, непостоянная ликвидность конкретного актива и другие факторы делают динамику цен непредсказуемой для инвесторов и аналитиков. В последние годы для исследования финансовых временных рядов и их прогнозирования успешно применяется фрактальная теория, основанная на самоподобии и инвариантности относительно масштабирования, наблюдаемых на графиках цен различных финансовых инструментов.

Фрактальная геометрия, открытая Бенуа Мандельбротом в 1970-х, изучает объекты, обладающие самоподобием и независимой от масштаба структурой. Фрактальные структуры повсеместно встречаются в живой и неживой природе—береговые линии, строение растений и вирусов [1]. Множественные исследования подтвердили наличие фрактальной структуры в графиках цен финансовых активов, рассматриваемых в таймфреймах различной длины [2]. Это доказывает, что глобально движение цен не является случайным, а представляет собой смесь случайности и детерминированности.

Математический аппарат фрактальной геометрии проводит связь между геометрической структурой объекта и масштабом, в котором этот объект рассматривается. Основным показателем фрактальных характеристик объекта является фрактальная размерность (*D)*. В случае временных рядов по данным наблюдений вычисляется показатель Херста (*H)*, связанный с фрактальной размерностью отношением $D = 2 - H$.

Показатель Херста играет важную роль во фрактальном анализе финансовых временных рядов. Он является мерой долговременной памяти ряда, его автокорреляции. Наличие памяти в рассматриваемом ряде означает, что события прошлого влияют на настоящее и будущее. Долговременная память наблюдается в том случае, когда на настоящее влияют события, произошедшие достаточно давно. Будущие значения таких временных рядов проще предсказать. Показатель Херста характеризует степень предсказуемости ряда.

В данной работе рассматривается метод нормированного размаха (R/S-анализ), предложенный британским гидрологом Гарольдом Эдвином Херстом в 1951 году для моделирования разлива реки Нил. Метод предполагает вычисление показателя Херста по данным временного ряда и последующую интерпретацию показателя. Показатель Херста также позволяет вычислить фрактальную размерность ряда, которая может быть использована для прогнозов в составе других инструментов анализа временных рядов.

В зависимости от H временные ряды классифицируют следующим образом:

- $H = 0{,}5$ для процессов со стохастическим поведением, с отсутствием зависимости между соседними изменениями. В таком процессе нет долговременной памяти, а автокорреляции быстро затухают до нуля по экспоненциальному закону. Такую ситуацию также интерпретируют как действие на систему множества разнонаправленных сил, которые компенсируют друг друга [3].
- В случае $0{,}5 < H \leq 1$ процесс называют персистивным, то есть склонным к сохранению тренда. Такой показатель Херста сигнализирует о наличии в процессе долговременной памяти. В этой ситуации силы, действующие на систему, движут ее в одном направлении.
- В случае $0 < H < 0.5$ говорят об антиперсистивности процесса. Это значит, что направление движения системы часто меняется и рост постоянно чередуется с падением, т.е. система неустойчива и готова перейти в новое состояние.

На практике для прогнозирования полезно наблюдение за изменением фрактальной размерности ряда во времени. Анализ исторических данных валютных курсов показал, что имеет место запаздывание между увеличением фрактальной размерности и сменой тренда валютного курса [3]. При этом фрактальная размерность может серьёзно измениться даже в условиях поддержания курса в определенном диапазоне, т.е. фрактальный анализ позволяет узнать скрытую информацию о рынке, полезную для прогнозирования.

На сегодняшний день фрактальная теория предлагает и более мощные методы для прогнозирования временных рядов, которые основаны на анализе фрактальной размерности ряда: мультифрактальный анализ для прогнозирования волатильности в риск-менеджменте, применение показателя Херста при оптимизации портфеля, применение мультифрактального анализа в алгоритмическом трейдинге.

Список литературы
1. Namazi H., Selamat A. and Krejcar O. Complexity based analysis of the alterations in the structure of coronaviruses // Fractals. 2021. № 29 (2). DOI: 10.1142/S0218348X21501231.
2. Grobys K. A fractal and comparative view of the memory of bitcoin and S&P 500 returns // Res. Int. Bus. Financ. 2023. № 66. DOI: 10.1016/j.ribaf.2023.102021.
3. Цветков В.П., Цветков И.В., Гуляева О.С. Фрактальный анализ валютных временных рядов // Финансы и кредит. 2007. № 9 (249). С. 30-35.

УДК 004.62

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ЗАДАЧ КОМПАНИИ

Чмырь Г.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
chmyyrgd@student.bmsu.ru
Научный руководитель: Рыбина Г.А., к.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Концепция бизнес-аналитики может рассматриваться как результат взаимодействия нескольких различных исследовательских дисциплин и аналитических инструментов: количественного анализа данных, статистического анализа данных, методов и техник менеджмента, а также информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Таким образом понятие «бизнес-аналитика» можно интерпретировать как набор методов для наиболее эффективного сбора, анализа и оценки больших объемов информации. Целью бизнес-аналитики является более комплексное понимание организацией бизнес-процессов для прогнозирования, принятия обоснованных управленческих решений и оптимизации деятельности компании.

Для понимания работы инструментов бизнес-аналитики, необходимо определить методы, используемые для анализа информации. Для проведения бизнес-анализа, выявлены следующие методы на основе обзора научной литературы из двух базы научного цитирования elibrary.ru и scholar.google.com:

1. Методы основанные на теории принятие решений.
2. Сетевое моделирование для представления и анализа сложных систем путем отображения различных объектов.
3. Различные методы прогнозирования.
4. Имитационное моделирование для изучения динамики системы.
5. Бизнес-анализ показателей с учетом геопозиционирования.
6. Статистический анализ данных.
7. Мониторинг производительности в режиме реального времени и создание отчетов о бизнес-операциях.
8. Анализ текста для чтения и понимания написанного человеком текста для получения бизнес-информации.
9. Анализ временных рядов.
10. Машинное обучение – создание моделей, которые могут «учиться» на данных. После этого обученная модель может использоваться для прогнозирования будущих событий или автоматизации рутинных задач.
11. Визуализация данных, важнейший компонент BI (business-intelligence), предполагает представление данных в графическом формате.

Основной задачей бизнес-аналитики является предоставление информации лицам, принимающим решения, необходимые для стратегического и тактического планирования, гибкого и адаптивного управления. Применение таких моделей, как ARMA, ARIMA,

ARIMAX, SARMA, SARIMA, SARIMAX, для прогнозирования, например, валовых капитальных затрат используется в таких отраслях, как машиностроение, управление цепями поставок, где точные прогнозы необходимы для принятия обоснованных решений при внезапных изменениях спроса и появлении новых рисков.

Интеграция современных ИКТ в BI позволяет выявлять закономерности, делать прогнозы и извлекать информацию из больших наборов данных. Модели машинного обучения помогают организациям получать глубокое и точное представление о своих данных. Обработка естественного языка (NLP) будет играть ключевую роль в интерфейсах BI, делая анализ данных доступным для более широкого круга пользователей и позволяя взаимодействовать с системами BI с помощью запросов на естественном языке.

Распространение Интернета вещей (IoT) дает доступ к периферийным вычислениям, так как обработка данных происходит на уровне источника, тем самым позволяя получать аналитические данные в режиме реального времени. Это особенно важно в сценариях, где необходим немедленный анализ данных, например, в производстве, здравоохранении и управлении цепями поставок.

Визуализация данных позволяет выявлять сложные закономерности, которые традиционные аналитические инструменты могли бы упустить.

Интеграция технологии блокчейн повышает безопасность данных и прозрачность в анализе больших данных. Децентрализация блокчейна обеспечивает целостность данных, снижает риск подделки и повышает доверия к результатам аналитики.

Список литературы

1. Кузнецова Н.В., Харитонова А.А. Бизнес-анализ: ключевые концепции, методы и преимущества // Baikal Research Journal. 2023. Т. 14. № 1. С. 21-30.
2. Adewusi A.O. et al. Business intelligence in the era of big data: a review of analytical tools and competitive advantage // Computer Science & IT Research Journal. 2024. Т. 5. №. 2. С. 415-431.
3. Kunc M., O'brien F.A. The role of business analytics in supporting strategy processes: Opportunities and limitations // Journal of the Operational Research Society. 2019. V. 70. № 6. Pp. 974-985.

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ В НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ»

УДК 658.51

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РИСКИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОКОМПОЗИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ванчурин М.Д., аспирант
МАИ, Институт № 6 «Аэрокосмический»
mikhail.vanchurin@gmail.com
Научный руководитель: Васильев В.А., д.т.н., профессор
МАИ, Институт № 6 «Аэрокосмический»

В эпоху Индустрии 4.0, когда технологические инновации, информационные технологии и искусственный интеллект становятся ключевыми факторами, обеспечение надежной работы технологического процесса изготовления продукции становится критически важным для непрерывной деятельности предприятий.

В условиях действующих международных санкций и ограничений российские промышленные компании сталкиваются с дополнительными трудностями, связанными с ограничением доступа к критически важным технологиям, оборудованию и сырью [1]. Особое внимание в этой связи заслуживает производство армированных стеклокомпозитных изделий, которое представляет собой технологически сложный процесс, состоящий из множества взаимосвязанных этапов, требующих высокой степени координации ресурсов и адаптации к меняющимся внешним условиям.

Так, армированные стеклокомпозитные изделия нашли широкое применение в авиационной и ракетно-космической отраслях благодаря их выдающимся механическим характеристикам. Такие материалы обладают высокой прочностью и устойчивостью, что делает их предпочтительными для использования в конструкциях, где требуется сочетание легкости и надежности. По сравнению с традиционными материалами, такими как металлические сплавы, стеклокомпозитные изделия демонстрируют превосходные удельные показатели, что позволяет создавать более эффективные и долговечные изделия. Их применение способствует улучшению эксплуатационных характеристик и снижению веса конструкций, что особенно важно в условиях, где каждый грамм имеет значение, например, в авиастроении и космонавтике.

Успешная организация производства стеклокомпозитных изделий требует не только высокой точности и координации, но и комплексного подхода к управлению технологическими и техническими рисками, что является необходимым условием для достижения стабильности и эффективности в условиях современных вызовов.

В свою очередь различные технологические риски изготовления стеклокомпозитных изделий часто связаны с нестабильностью ключевых процессов. Например, отклонения в температурном режиме при полимеризации смолы приводят к образованию внутренних напряжений, что снижает механическую прочность изделий. Неравномерное распределение связующего вещества между слоями композита провоцирует расслоение структуры, особенно при изготовлении крупногабаритных элементов. Влияние внешних факторов, таких как повышенная влажность в цехе, усугубляет адгезионные дефекты, что нашло подтверждение в различных исследованиях [2, 3].

Технические риски обусловлены ограничениями производственной инфраструктуры. Неточность пресс-форм, вызванная износом или ошибками проектирования, приводит к геометрическим искажениям готовых изделий. Оборудование для транспортировки, рассчитанное на стандартные нагрузки, часто не справляется с габаритами и массой крупногабаритных стеклокомпозитных изделий, увеличивая риск механических повреждений. Кроме того, традиционные методы контроля качества, такие как визуальный осмотр, не выявляют скрытые дефекты (микротрещины, неравномерность плотности), что

снижает долговечность выпускаемой продукции. Также важной составляющей является ремонтопригодность и возможность импортозамещения необходимого оборудования.

При этом для эффективного управления рисками в производстве армированных стеклокомпозитных изделий требуется разработка и внедрение модели, которая систематически позволит идентифицировать потенциальные угрозы, анализируя исторические и получаемые в режиме реального времени данные и формируя стратегии по их нейтрализации и предотвращению. Ключевым решением становится внедрение интеллектуальных систем, объединяющих анализ вышеуказанных данных, для прогнозирования и минимизации рисков. Использование искусственного интеллекта позволит не только идентифицировать, но и спрогнозировать скрытые дефекты, оптимизировать параметры процессов, снижая зависимость от человеческого фактора.

Реализация такого решения будет способствовать созданию основы для повышения надежности стеклокомпозитных изделий, сокращению затрат на устранение простоев и укреплению конкурентоспособности предприятий в условиях глобальных ограничений. Таким образом, синтез цифровых технологий и адаптивных стратегий управления становится критическим фактором для достижения технологического суверенитета и устойчивого развития высокотехнологичных производств стеклокомпозитных изделий.

Список литературы

1. Алешина А.Ю., Джуссоева А.А. Управление рисками промышленных предприятий в условиях экономической и геополитической нестабильности // Инновации и инвестиции. 2023. № 6. С. 378-383.
2. Шендалев А.Н., Шендалева О.А. Модель оценки технологических рисков предприятия // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2020. Т. 18. № 2. С. 76-87.
3. Попов Ю.О., Колокольцева Т.В., Громова А.А., Гусев Ю.А. Влияние эксплуатационных факторов на основные физико-механические свойства изделия из стеклопластика впс-31 // Труды ВИАМ. 2021. № 11 (105). С. 82-90.

УДК 658.562

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Затонский И.В., аспирант
МАИ, Институт № 6 «Аэрокосмический»
igorzatonskiy00@mail.ru
Научный руководитель: Васильев В.А., д.т.н., профессор
МАИ, Институт № 6 «Аэрокосмический»

В современных условиях глобализации и ужесточения требований к качеству продукции цифровые двойники (ЦД) становятся ключевым инструментом для трансформации систем управления качеством (QMS). Эти динамические виртуальные модели, синхронизированные с физическими объектами через IoT-сенсоры и данные, создаются на основе технологических схем производств, нормативно-технической документации и фактических показателей с приборов учета. Как показывают исследования, такой подход не только оптимизирует процессы, но и позволяет извлекать стратегическую и финансовую выгоду, что особенно актуально в контексте сокращения издержек и повышения конкурентоспособности [1, 2].

Цифровые двойники формируются на базе трех ключевых элементов: технологических схем, определяющих структуру производственных линий; нормативно-технической документации, включающей стандарты качества и регламенты; а также фактических данных, таких как температура, давление и геометрические параметры. Калибровка моделей

происходит через постоянное обновление информации с физических объектов. Например, в машиностроении данные с датчиков станков с ЧПУ используются для корректировки параметров обработки деталей в режиме реального времени, что повышает точность виртуальной модели на 15–20%. Функционал ЦД в QMS охватывает оперативное обнаружение физических проблем через анализ отклонений, прогнозирование последствий с применением AI-алгоритмов и оптимизацию производства на основе данных о ресурсах и рыночном спросе.

Эффективность цифровых двойников зависит от интеграции IoT-сенсоров, больших данных и AI-алгоритмов. Так, на химическом заводе внедрение ЦД позволило перераспределить ресурсы между цехами, сократить простои на 22% и увеличить рентабельность на 15% за счет выпуска продуктов с высокой маржой. Стратегическая выгода включает снижение рисков через предиктивный контроль брака, адаптацию ассортимента к прогнозам спроса и оптимизацию логистики. Финансовые результаты проявляются в сокращении затрат на переработку брака до 30% и ускорении вывода новых продуктов на рынок на 25–40%.

Практические преимущества ЦД охватывают раннее обнаружение аномалий, таких как вибрация в подшипниках турбин за 5–7 часов до поломки, и симуляцию решений без остановки производства. Рыночная адаптивность обеспечивается динамическим планированием выпуска под текущий спрос и персонализацией параметров под требования клиентов. Однако внедрение технологии сталкивается с вызовами: интеграция legacy-систем, потребность в облачных платформах для обработки данных, ошибки в показаниях датчиков и риски кибератак. Решения включают обучение персонала, разработку межотраслевых стандартов и внедрение блокчейна для защиты данных.

Цифровые двойники, как демонстрируют исследования, — это стратегический актив, позволяющий перейти от реактивного к проактивному управлению. Их способность интегрировать данные о ресурсах и рыночных условиях делает их незаменимыми в условиях цифровой трансформации. Успешное внедрение требует инвестиций в ИТ-инфраструктуру, пересмотра бизнес-процессов и формирования культуры данных. Перспективы связаны с созданием «двойников экосистем», охватывающих всю цепочку создания стоимости — от поставщиков до конечных потребителей, что откроет новые возможности для промышленности и смежных отраслей [2].

Список литературы

1. Васильев В.А., Александрова С.В. Управление качеством на основе цифровых технологий. // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2022. № 9 (135), 2022. С. 18–25. DOI: 10.30987/2223-4608-2022-9-18-25.
2. Vasiliev V.A. Information technologies in the organization of production and quality management. // Proceedings of the 2023 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS (Petrozavodsk, 25-29 September 2023). IEEE. 2023. С. 3-7. DOI: 10.1109/ITQMTIS58985.2023.10346584.

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ»

УДК 65.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ И ПРЕСКРИПТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ СПРОСА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКУПОК

Бирюкова А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
biryukovaad@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Третьякова В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

Государственные закупки занимают значительную долю экономики – объем госзаказа в России достигает десятков триллионов рублей ежегодно (32 трлн. руб. в 2023 г. [1]). Эффективное управление этой сферой затруднено отсутствием стратегического планирования на длительную перспективу. Эмпирические наблюдения свидетельствуют о том, что поставщики испытывают следующие трудности: невозможность своевременного перераспределения производственных мощностей в пользу высокоприоритетных заказов вследствие их загруженности менее приоритетными задачами и экономически неэффективный простой производственных мощностей [2, 3].

В современных экономических условиях субъекты хозяйствования, выступающие в роли поставщиков, сталкиваются с объективной необходимостью формирования комплексной системы прогнозирования как неотъемлемого элемента эффективного планирования деятельности. Прогнозирование спроса поставщиками создает информационную базу для планирования загрузки собственных производственных мощностей и позволяет перейти от краткосрочной «реактивной» политики к долгосрочному стратегическому управлению. В этом контексте возрастают роль и актуальность методов предиктивной (прогнозной) и прескриптивной (предписывающей) аналитики, призванных обеспечить научно-обоснованное прогнозирование потребностей в государственных закупках и поддержку принятия решений на основе данных. Такой подход позволил бы поставщикам оптимизировать подготовку к участию в конкурсных процедурах.

Спектр номенклатуры государственных закупок достаточно широк – от простых расходных материалов до сложного оборудования. Различные категории позиций характеризуются разными моделями потребления, что требует дифференцированного подхода к выбору методов прогнозирования. В целях оптимизации процесса рекомендуется применение структурированной матрицы соответствия методов прогнозирования типологии товаров, предусматривающей для каждой номенклатурной категории наиболее эффективный прогностический метод. Для единичного и мелкосерийного производства, где каждое изделие или небольшая партия являются уникальными либо редко повторяющимися заказами, наиболее эффективными являются причинно-следственные и сценарные методы прогнозирования. Среднесерийные и крупносерийные изделия характеризуются более регулярным, однако изменчивым спросом, связанным с рыночной конъюнктурой и сезонностью. В данном случае применяются методы анализа временных рядов, такие как экспоненциальное сглаживание, метод скользящей средней и модели с трендовой компонентой (например, метод Хольта). Массовое производство, для которого характерен стабильный, повторяющийся спрос, преимущественно прогнозируется статистическими экстраполяционными методами. Для прогнозирования потребности в комплектующих применяют экстраполяционные, причинно-следственные методы, регрессионные модели, нормативные прогнозы, методы сценарного прогнозирования и машинного обучения. При прогнозировании спроса в запчастях с нерегулярным спросом широко применяется метод Кростона и его модификации, в частности метод SBA (Syntetos-Boylan Approximation),

устраняющий систематическую ошибку оригинального метода.

Разработанная матрица методов по категориям демонстрирует следующий принцип: характер спроса определяет выбор метода прогнозирования. Результаты исследования показали, что современные методы предиктивной аналитики позволяют существенно повысить точность прогнозов потребностей, а прескриптивные модели – связать эти прогнозы с оптимальными управленческими действиями.

Список литературы

1. Объем госзаказа в России в 2023 году составил 32 трлн рублей. URL: https://www.interfax.ru/business/960655 (Дата обращения 25.03.2025).
2. Третьякова В.А., Горлачева Е.Н. Разработка методического подхода к оценке вероятности выигрыша конкурса с целью планирования загрузки производственных мощностей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. № 1. С. 122-131.
3. Третьякова В.А., Горлачева Е.Н. Разработка гибкой системы планирования производственной программы в условиях работы с госзакупками // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. № 3. С. 160-169.

УДК 658

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЦИФРОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ЗРЕЛОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Кланица С.Б., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
sofyaborisovna0@gmail.com
Научный руководитель: Яценко В.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес менеджмент»

В современном мире цифровые технологии играют ключевую роль в развитии организаций, определяя их конкурентоспособность. Проектная зрелость отражает способность компании эффективно управлять проектами, адаптироваться к изменениям и достигать стратегических целей. Традиционные модели оценки, такие как OPM3, P3M3 и CMMI, ориентированы на внешние проекты и не учитывают специфику внутренних цифровых инициатив [1, 2].

Основной целью работы является разработка комплексного подхода к оценке цифровой проектной зрелости организаций, ориентированной на внутренние высокотехнологичные проекты. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: 1) проанализировать существующие модели оценки проектной зрелости; 2) выявить их ограничения применительно к цифровым проектам; 3) разработать авторский подход к оценке.

В работе использовались следующие методы исследования: сравнительный анализ существующих моделей зрелости, экспертные методы оценки, математическое моделирование.

Основные результаты: анализ существующих моделей выявил их основные ограничения: ориентация на внешние проекты; недостаточный учет цифровой составляющей; слабая адаптивность к быстрым технологическим изменениям; отсутствие комплексного подхода к оценке кадрового потенциала [3]; разработанная методика включает три ключевых компонента: процессы управления проектами (на основе метода «20 ключей» с применением экспертной оценки и показателя соответствия); цифровая зрелость (анализ технологий, процессов, культуры и вовлеченности); кадровое обеспечение (оценка компетенций команды проекта по результатам обучения).

Индекс проектной зрелости организации возможно оценить методом аддитивной свертки

$$I = \sum_{i=1}^{n} S_{fi} \quad (1)$$

где S_{fi} – интегральная оценка по каждому фактору.

Апробация методики на примере проекта внедрения ИИ-системы управления персоналом в компании N показала: общий балл зрелости - 128,1 (при пороговом значении для среднего уровня 130); наибольшие показатели по фактору кадрового обеспечения (85,7 баллов); наименьшие - по цифровой зрелости (9,4 балла); проект способствует достижению 3 из 5 стратегических целей компании.

Предложенный подход к оценке проектной зрелости компании позволяет: 1) комплексно оценивать цифровую проектную зрелость; 2) выявлять слабые места в управлении проектами; 3) оптимизировать распределение ресурсов; 4) повышать эффективность цифровой трансформации.

Перспективы дальнейших исследований: 1) уточнение пороговых значений для разных отраслей и компаний; 2) разработка методики динамической оценки; 3) создание автоматизированной системы оценки.

Традиционные модели требуют существенной адаптации для цифровой эпохи. Разработанный подход обеспечивает комплексную оценку по трем ключевым направлениям, а результаты апробации подтвердили работоспособность подхода. Дальнейшее развитие методики должно учитывать внешнюю и внутреннюю отраслевую специфику.

Список литературы

1. Геокчакян А.Г. Обзор методологических аспектов оценки уровня проектной зрелости организаций // Вестник Челябинского государственного университета. 2024. № 10 (492). С. 238–248. DOI: 10.47475/1994-2796-2024-492-10-238-248.
2. Николаенко В.С., Мирошниченко Е.А., Грицаев Р.Т. Модели зрелости управления проектами: критический обзор // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 73. С. 71-111.
3. Яценко В.В., Найдис И.О. Управление компетенциями организации. Уровень зрелости проектной деятельности // Компетентность / Competency (Russia). 2020. № 8. DOI: 10.24411/1993-8780-2020-10805.

УДК 658.5

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Щелокова А.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес менеджмент»
shchelokovaa@mail.ru
Научный руководитель: Яценко В.В., д.э.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес менеджмент»

В целях эффективного функционирования современные компании внедряют в свою деятельность цифровые технологии, стремясь к полной цифровой трансформации [1]. Цифровизация охватывает все уровни управления, включая проектные команды, для которых она приобретает особую значимость. Цифровая трансформация в управлении проектами представляет собой не просто внедрение отдельных программных решений, а изменение подходов, процессов, командных ролей и управленческой культуры. В условиях динамичности, усложнения задач и роста масштабов проектной деятельности традиционные методы управления сроками, бюджетом и ресурсами не обеспечивают необходимую устойчивость и результативность. Современные ИТ-инструменты создают основу проектного

управления, позволяя обеспечить согласованность действий, повысить прозрачность и ускорить процессы принятия решений [2].

Цифровая трансформация охватывает сразу несколько ключевых направлений. С технологической точки зрения речь идет о переходе к интегрированным цифровым платформам, обеспечивающим единую среду для планирования, контроля, аналитики и командного взаимодействия [1, 3]. На организационном уровне трансформация требует изменений в структуре управления проектами — от иерархических схем к более гибким, сетевым моделям. Управленческий аспект трансформации связан с изменением роли руководителя проекта, он принимает решения на основе информации, поступающей в режиме реального времени. Важным направлением становится развитие цифровых коммуникаций — автоматизация процессов согласования, уведомлений и отчетности снижает риски ошибок, повышает скорость взаимодействия внутри команды.

Автоматизация рутинных операций позволяет снять нагрузку с исполнителей и ускорить выполнение типовых задач. Цифровые платформы объединяют в себе возможности для календарного планирования, управления ресурсами, контроля бюджета и анализа отклонений. Дополнительно цифровые решения поддерживают удаленную и гибридную работу, создавая единое информационное пространство для команд. Все чаще в такие системы интегрируются элементы искусственного интеллекта и машинного обучения, обеспечивающие предиктивную аналитику, выявление потенциальных рисков и оптимизацию ресурсных решений.

Внедрение цифровых решений позволяет снизить долю просроченных проектов, сократить время согласования, повысить точность планирования бюджета и оперативность управленческих решений. Цифровая среда формирует основу для дальнейшего развития объектов управления, включая внедрение цифровых двойников и создание цифровых команд. Цифровизация изменяет роль руководителя проекта: он меньше занимается сбором информации, но принимает решения на основе готовых аналитических данных.

Однако, успешная цифровизация возможна только при соблюдении ряда условий. Важнейшим фактором является интеграция ИТ-среды в реальные процессы, а не ее формальное внедрение. Необходима также готовность проектных команд осваивать новые инструменты, поддержка со стороны руководства и наличие единой цифровой архитектуры. Среди возможных рисков — фрагментарность решений, сопротивление изменениям, избыточная сложность внедряемых систем. Поэтому цифровая трансформация требует не просто закупки программного обеспечения, а стратегического подхода, охватывающего всю структуру проектного управления.

Список литературы

1. Калязина Е.Г., Плешакова Е.Ю. Трансформация подходов к управлению в условиях цифровизации // Теория и практика общественного развития. 2024. № 6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-podhodov-k-upravleniyu-v-usloviyah-tsifrovizatsii (Дата обращения 05.04.2025).
2. Яценко Р.Д. Расширение возможностей использования цифровых платформ в практике деятельности производственных предприятий // Тринадцатые Чарновские чтения. сборник трудов XIII Всероссийской научной конференции по организации производства (Москва, 1 декабря 2023 г.): сборник трудов. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, НП «Объединение контроллеров». 2023. С. 209-218.
3. Яценко В.В. Цифровые компетенции персонала высокотехнологичных предприятий // IX Международный конгресс по контроллингу «Контроллинг в экономике, организации производства и управлении: шансы и риски цифровой экономики» (Тула, 17 мая 2019 года): сборник научных трудов. Москва: НП «Объединение контроллеров». 2019. С. 254-258.

РАЗДЕЛ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

СЕКЦИЯ «ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ, СТАБИЛИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ»

УДК 681.586.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРООПТОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА МАЙКЕЛЬСОНА

Германенко А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
ya@agermanenko.ru
Научный руководитель: Подчезерцев В.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Микроэлектромеханические преобразователи с емкостным способом считывания перемещений чувствительного элемента находят широкое применение в инерциальных навигационных системах [1]. Такие преобразователи обладают рядом недостатков: чувствительность к внешним электромагнитным шумам; электрический пробой между электродами, нелинейность функции преобразования. Микрооптоэлектромеханические (МОЭМ) преобразователи линейного ускорения объединяют в себе преимущества оптических и микроэлектромеханических технологий и лишены указанных недостатков. Исследование характеристик МОЭМ преобразователей является актуальной задачей, решение которой позволит оптимизировать их конструкцию, повысить точность в различных условиях эксплуатации. Одним из методов, используемых для исследования таких характеристик, является метод Монте-Карло.

Целью работы является исследование характеристик МОЭМ преобразователя линейного ускорения на основе интерферометра Майкельсона.

Разработка математической модели МОЭМ преобразователя линейных ускорений на основе интерферометра Майкельсона.

МОЭМ преобразователь линейного ускорения состоит из чувствительного элемента (ЧЭ), выполненного в виде кремниевой пластины, закрепленной на упругих подвесах (УП), оптического узла считывания на основе интерферометра Майкельсона, преобразователя ток-напряжение (ПТН) и блока электронной обработки (БЭО).

В МОЭМ преобразователе под действием линейного ускорения происходит перемещение ЧЭ, а считывание информации о величине перемещений ЧЭ, пропорциональных линейному ускорению, осуществляют с помощью узла считывания на основе интерферометра Майкельсона.

Узел считывания содержит источник оптического излучения (ИОИ), оптический разветвитель, фотоприемник (ФП). ИОИ создает оптическое излучение с длиной волны λ, который делится на два оптическим разветвителем на два направления. Часть оптического излучения поступает на одну из плоскостей ЧЭ, отражается и через зеркало попадает на ФП. Другая часть отражается от противоположной плоскости ЧЭ и после зеркального отражения попадает на ФП. Отраженные от этих плоскостей ЧЭ излучения интерферируют на ФП, который генерирует фототок поступающий на ПТН и далее обрабатывается в БЭО.

Для обеспечения считывания перемещений ЧЭ с помощью интерферометра Майкельсона необходимо обеспечить его перемещения в субмикрометровом диапазоне не более $\lambda/4$, соответствующие диапазону действия линейного ускорения $\pm 50g$.

Получена линеаризованная функция преобразования линейного ускорения в выходное напряжение для заданного диапазона измерения линейного ускорения. С учетом выбора

смещения y_{max} от максимального ускорения получены значения параметров узла считывания, ЧЭ и УП. Форма УП выбрана в виде тонких призматических элементов. В результате исследований определены факторы минимизирующие нелинейность измерений линейных ускорений.

Исследование влияния параметров преобразователя на погрешность измерения линейного ускорения методом статистических испытаний.

Для получения количественных оценок параметров МОЭМ преобразователя линейного ускорения, определения степени их влияния на погрешность измерения линейного ускорения использован метод Монте-Карло.

В качестве исследуемых параметров МОЭМ преобразователя выбраны: длина $L_{чэ}$, ширина $b_{чэ}$ и толщина $h_{чэ}$ ЧЭ, длина $L_{уп}$, ширина $b_{уп}$ и толщина $h_{уп}$ упругих подвесов, чувствительность $S_{фп}$ и эффективная площадь $S_{эп}$ фотоприемника, длина волны λ и интенсивность опорного луча I_0 ИОИ, исходная разность длины оптических путей волн, отраженных от плоскостей ЧЭ Δd_0 до ФП, коэффициент преобразования ПТН K_{IU}. Каждому из параметров задавалось нормальное распределение со среднеквадратичным отклонением, равным 10% от номинального значения исследуемого параметра. В качестве математического ожидания использовалось номинальное значение параметра [2, 3].

Моделирование параметров проводилось методом случайного поиска из 5000 проб. Показано, что критически важными параметрами являются длина упругого подвеса $L_{уп}$, ширина $b_{уп}$, чувствительность $S_{фп}$ и эффективная площадь $S_{эп}$ фотоприемника, коэффициент преобразования ПТН K_{IU} и интенсивность опорного луча I_0 ИОИ.

В результате исследований для предложенной математической модели МОЭМ преобразователя линейных ускорений на основе интерферометра Майкельсона проведен расчет геометрических параметров ЧЭ обеспечивающих возможность точных измерений при максимальных ускорениях. Наиболее влияющими параметрами преобразователя на погрешность измерений линейного ускорения являются длина упругого подвеса $L_{уп}$, толщина $h_{уп}$, чувствительность $S_{фп}$ и эффективная площадь $S_{эп}$ фотоприемника, коэффициент преобразования ПТН K_{IU} и интенсивность опорного луча I_0 ИОИ.

Список литературы

1. Петров А.И., Сидоров В.М. Применение MEMS-технологий в навигации // КиберЛенинка. 2021. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-mems-tehnologii-v-navigatsii/viewer (Дата обращения 05.05.2025).
2. Орлов А.И. Метод статистических испытаний в прикладной статистике // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 5. С. 67-79. DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-5-67-79.
3. Бусурин В.И., Васецкий С.О., Булычев Р.П. Алгоритм расчета микрооптоэлектромеханического преобразователя угловой скорости с оптическим считыванием // Датчики и системы. 2024. № 3. С. 23-27. DOI: 10.25728/datsys.2024.3.4.

УДК 629

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ВИБРОПОДВЕСА НА ТОЧНОСТЬ КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА МЕТОДОМ ВАРИАЦИИ АЛЛАНА

Конюшко А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
konyushkoas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Синельников А.О., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Обеспечение высокой точности определения скорости, положения и ориентации объекта критически важно в современных автономных навигационных системам. В таких

системах особое внимание уделяется первичной информации, где ключевую роль играет анализ шума датчиков. В представленной работе проведен комплексный анализ шумовых параметров лазерного гироскопа (ЛГ) с различными модификациями виброподвесов с применением метода дисперсии Аллана. Подставлено сравнение разработанного прибора типа ЛГВ с серийным аналогом ЛГК-400 навигационного класса точности. Основой данных приборов является кольцевой He-Ne лазер (КЛ) с четырехзеркальным резонатором [1].

ЛГ служит для измерения угловой скорости подвижного объекта, на которой он установлен. Для корректной работы ЛГ необходимо преодолевать эффект захвата частот встречных волн. Для этого применяется механическая знакопеременная частотная подставка, реализуемая крутильными колебаниями резонатора КЛ с помощью виброподвеса. Основным недостатком гироскопа ЛГК-400 является чувствительность к внешним воздействующим факторам, что ограничивает сферу его применения. В исследуемом приборе типа ЛГВ данный недостаток был устранен.

Экспериментально установлено, что все исследуемые конструкции виброподвесов обеспечивают стабильную рабочую частоту в диапазоне 300±30 Гц, при этом наилучшие результаты по подавлению паразитных колебаний демонстрирует виброподвесы с малой толщиной лопасти. Это позволяет сдвинуть резонансные частоты конструкции ближе к 2000 Гц, что является достаточным для устойчивости работы ЛГВ [2].

Для оценки точностных параметров ЛГВ был использован метод дисперсии Аллана. Данный метод широко применяется в измерительной технике, поскольку позволяет одновременно выделить различные типы шумов в исследуемых сигналах. Благодаря своей универсальности этот подход активно используется при анализе выходных характеристик гироскопических датчиков, включая лазерные. При анализе шумовых характеристик гироскопов методом вариации Аллана особое внимание уделяется трем составляющим: шуму квантования, случайному блужданию угла и нестабильности смещения нуля. Шум квантования определяет ошибки, возникающие при преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму. Случайное блуждание выходного сигнала или белый шум, проявляется в отклонении значений от ожидаемых случайным образом. Нестабильность нуля отвечает за погрешность прибора, характерную для большинства электронных устройств.

Эти компоненты являются определяющими при стандартных технологических испытаниях, так как наибольшим образом характеризуют влияние на точность измерений в краткосрочной перспективе. Однако, в условиях длительной эксплуатации прибора необходимо учитывать и другие составляющие шума [3]. Важно отметить, что методика остается гибкой и допускает включение дополнительных параметров для специализированных исследований.

Для получения исходных данных в течении 9 часов при комнатной температуре 23°C ± 1°C была произведена запись выходных сигналов исследуемых гироскопов типа ЛГВ и ЛГК-400, установленных на неподвижном основании.

Полученные результаты испытаний для исследуемых приборов были интерпретированы в программной среде MATLAB в виде характерных зависимостей вариаций Аллана от времени усреднения. Показано, что разработанный прибор типа ЛГВ соответствует по точностным параметрам эталонному образцу, при-этом обеспечивая высокую устойчивость к внешним механическим воздействиям. Нестабильность смещения нуля 100-секундном осреднении для исследуемых ЛГ составила 0,0042 град/ч, что соответствует требованиям навигационного класса точности.

Проведенные исследования подтвердили перспективность применения разработанного прибора типа ЛГВ в автономных инерциальных навигационных системах, а также эффективность метода вариации Аллана для обработки и анализа данных гироскопических датчиков. Определены ключевые шумовые составляющие угловой скорости исследуемого прибора. Полученные результаты открывают новые возможности для повышения надежности

инерциальных навигационных систем на базе лазерных гироскопов, а также создания методик комплексной оценки шумовых характеристик инерциальных датчиков.

Список литературы

1. Синельников А.О. и др. Современное состояние и тенденции развития инерциальных навигационных систем на кольцевых лазерных гироскопах // Фотоника. 2024. Т. 18. №. 6. С. 450-466. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2024.18.6.450.466
2. Афанасьев В.Б., Медведев В.М., Синельников А.О. и др. Исследование параметров кольцевого лазера при воздействии внешних возмущений // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2025. Т. 16 (24). С. 33-48.
3. Авиев А.А., Енин В.Н., Санеев И.В. Экспериментальные исследования методом вариаций Аллана триады лазерных гироскопов с виброподставкой // Машиностроение и компьютерные технологии. 2016. № 6. DOI: 10.7463/0616.0842332.

УДК 681.787

ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ПРИ ВИБРАЦИЯХ ОСНОВАНИЯ

Романов П.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
romanov_p7274@mail.ru
Научный руководитель: Подчезерцев В.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Лазерные гироскопы на виброподвесе (ЛГВ) имеют малое время готовности, широкий диапазон измеряемых угловых скоростей, высокую точность в диапазоне рабочих температур. Благодаря этому они являются наиболее востребованными гироскопическими датчиками для инерциальных навигационных систем [1] летательных аппаратов различного класса. В условиях высокодинамичных эксплуатационных воздействий неизбежно возникают вибрации в широком спектре частот, которые могут совпадать с собственными частотами конструкции ЛГВ и снижать его точностные характеристики [2].

Целью работы является экспериментальное определение влияния гармонической вибрации основания в диапазоне частот от 20 до 2000 Гц на выходной сигнал лазерного гироскопа на виброподвесе. Объекта исследования- ЛГВ типа КЛ-3 [1] с четырёхзеркальным кольцевым He-Ne лазером, периметр которого составляет 28 см, а длина волны равна 633 нм. Рабочая частота механической системы, представляющей собой корпус ЛГВ упруго связанный с основанием с помощью виброподвеса, составляет 390±30 Гц.

Динамический анализ 3D модели прибора и результаты виброиспытаний.

Для определения собственных частот конструкции ЛГВ, был проведён модальный анализ 3D модели прибора в программной среде Ansys. По результатам численного моделирования в диапазоне частот от 20 до 2000 Гц были выявлены 3 собственных частоты прибора. На первой собственной частоте (370 Гц) моноблок лазера совершает характерные для работы виброподвеса колебания вокруг оси чувствительности за счёт изгиба лопастей виброопоры. На второй (830 Гц) и третьей (1100 Гц) частотах ЛГВ колеблется вокруг осей, ортогональных оси чувствительности. При этом происходит скручивание лопастей подвеса [3]. В процессе виброиспытаний прибора записывался его выходной сигнал и напряжение вспомогательного датчика угловых колебаний, используемого для алгоритмической компенсации влияния частотной подставки на выходной сигнал ЛГВ.

По результатам испытаний были построены зависимости угловых перемещений корпуса ЛГВ и измеряемой угловой скорости от частоты воздействия. Показано, что на частотах в диапазоне (350–390) Гц наблюдаются низкочастотные биения крутильных колебаний, вызванные близостью частот воздействия и виброподвеса. В диапазонах частот

(550–780) Гц и (930–1150) Гц амплитуда крутильных колебаний корпуса прибора резко снижается и падает практически до нуля. Отмечено, что в данных частотных диапазонах показания ЛГВ существенно отличались от величины проекции суточной скорости вращения Земли на ось чувствительности ЛГВ (12,45 град/ч). Сигнал датчика угловых колебаний корпуса обработан прямоугольным оконным преобразованием Фурье. Получена зависимость амплитуды этого сигнала от частоты колебаний вибростенда. На частотах близких к частоте крутильных колебаний их амплитуда периодически изменяется. В диапазонах частот (609–733)Гц и (980–1080)Гц происходит резкое увеличение амплитуды сигнала датчика угловых колебаний, а амплитуда крутильных колебаний падает практически до нуля.

Обсуждение результатов.

Модальный анализ показал, что в диапазоне задаваемых частот присутствует не только рабочая (крутильная) частота 370 Гц, но и две другие собственные частоты: 830 Гц и 1100 Гц, которые могут быть источниками влияния на выходной сигнал ЛГВ. Периодическое изменение амплитуды крутильных колебаний на частотах близких к этой частоте может быть связано со смещением центра масс подвижной части ЛГВ относительно оси её крутильных колебаний. Возникающие при этом ошибки прибора, из-за биений амплитуды крутильных колебаний, могут быть скомпенсированы применением соответствующих алгоритмов, учитывающих реальные величины этой амплитуды. Однако, данный метод малоэффективен при малой амплитуде колебаний. Отмеченное в эксперименте резкое снижение амплитуды рабочих колебаний подвижной части в частотных диапазонах (550–780) Гц и (930-1150) Гц определяет ошибки измерения, связанные с подавлением задаваемых крутильных колебаний, из-за нарушения работы алгоритма компенсации влияния частотной подставки на выходной сигнал прибора. Оконное Фурье-преобразование сигнала с датчика угловых колебаний показало, что в частотных диапазонах (609–733) Гц и (980–1080) Гц возникают резонансы на второй и третьей собственных частотах прибора подавляющие крутильные колебания. Испытания показали достаточно хорошее совпадение расчетных собственных частот прибора, полученных в Ansys, с наблюдаемыми в эксперименте.

Показано, что нестабильность выходного сигнала ЛГВ существенно возрастает на «паразитных» резонансах в частотных диапазонах (609-733) Гц и (980-1080) Гц, соответствующих его второй и третьей собственным частотам, где происходит подавление крутильных колебаний подвижной части прибора. Это связано с возникновением напряжения от прямого пьезоэффекта, вызванного скручиванием пьезокерамических пластин, приклеенных к упругим элементам виброопоры. Для минимизации данного эффекта рекомендуется геометрию лопасти выполнить более жесткой на скручивание при сохранении изгибной жесткости. Это позволит сохранить величину собственной частоты крутильных колебаний, а частоты паразитных резонансов повысить, сместив, таким образом, эти резонансы в область более высоких частот.

Список литературы

1. Синельников А.О., Тихменев Н.В. и др. Современное состояние и тенденции развития инерциальных навигационных систем на кольцевых лазерных гироскопах // Фотоника. 2024. Т. 18. № 6. С. 450-466. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2024.18.6.450.466

2. Тихменев Н.В., Назаров С.И. и др. Исследование функционирования кольцевого лазерного гироскопа при вибрационных воздействиях // Управление большими системами. 2024. № 109. С. 293-309. DOI: 10.25728/ubs.2024.109.13

3. Афанасьев В.Б., Медведев В.М., Синельников А.О. и др. Исследование параметров кольцевого лазера при воздействии внешних возмущений // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2025. Т. 16 (24). С. 33-48.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»

УДК 004:002.513.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА РУКИ

Андрианов И. А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
2005ilyaaa@gmail.com
Богомолов Н. М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
nikita.nogomolov05@gmail.com
Пономарев П.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
creater337@gmail.com
Научные руководители: Викулов А.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»;
Кадырбаева А.Р., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

На данный момент в России более 20000 человек нуждаются в протезировании верхних конечностей. Рука играет одну из ключевых функций в жизни человека, она является основным инструментом для взаимодействия с окружающим миром. Утрата руки может сильно повлиять на последующую жизнь человека как с функциональной точки зрения, так и с психологической, а также на безопасность труда человеческой деятельности [1, 2]. Современные бионические протезы позволяют восстановить большую часть функций утраченной конечности, но такие протезы имеют высокую стоимость.

Целью данного проекта является разработка бюджетного автономного бионического протеза руки человека.

Пальцы бионических протезов имеют два основных типа механики. В первом варианте конструкции пальцы разгибаются при помощи эластичного элемента (например пружины), а сгибаются при помощи троса или лески, которая проходит через каждую фалангу пальца. Данный способ прост в исполнении, но имеет меньшую прочность, а также излишнюю подвижность, которая может навредить точности. Второй вариант исполнения предполагает жесткую связь механических элементов пальца и поступательно движущегося элемента, который управляется мотором. Данный вариант имеет значительно большую прочность и не имеет люфта, но его реализация более сложная. Исходя из этих данных для нашего протеза была выбрана вторая конструкция пальцев.

Чтобы пользователь мог управлять протезом при помощи сокращения своих мышц необходимо использовать датчик электромиографии (далее ЭМГ). Чтобы более точно улавливать напряжение и расслабление мышц эти датчики подключены к 24 битному аналого-цифровому преобразователю. В рамках данного проекта он также был разработан. Чтобы считывать информацию с датчиков было принято решение использовать микроконтроллер esp32. Он имеет 32 битную архитектуру, а также встроенные модули Bluetooth и WiFi, что в дальнейшем может быть полезно для связи протеза с телефоном и другими устройствами. Выходные данные ЭМГ датчика сильно зависят от положения руки в пространстве, в связи с этим было принято решение использовать нейронную сеть для обработки сигналов. Практические испытания, проведенные нашей командой, доказали ее эффективность. При изучении методов обработки данных с ЭМГ датчиков была использована статья [3].

Также немаловажным элементом является обратная связь, которую протез выдает пользователю. Обратная связь позволяет убедиться, что протез выполнил действие, которое от него ожидалось, например схвачен предмет или выполнен жест, также с ее помощью можно определять силу сжатия и другие тактильные параметры. Не все бионические протезы ее

имеют, что может негативно повлиять на опыт использования. А если в протезе есть обратная связь, то она выражена одним вибромотором. Этот метод прост в реализации, но он не может передать большой объем информации, например о характере прикосновения, с какой силы оно было. Наша уникальная разработка – это обратная связь с использованием миостимуляции. Принцип миостимуляции заключается в подаче слабых электрических импульсов в мышцу из-за чего она сокращается. Данный вариант обратной связи позволяет передавать гораздо больше информации при помощи изменения частоты электрических импульсов и их амплитуды, также данный вариант обратной связи является более естественным для человека, позволяя ему эффективнее пользоваться протезом.

В результате работы над данным проектом наша команда разработала бюджетный бионический протез, который имеет надежную конструкцию и интуитивную обратную связь. Данная разработка позволит большему числу людей восстановить утраченные функции и улучшить их качество жизни.

Список литературы

1. Локтева О.С., Локтев Д.А. Безопасность труда в транспортной отрасли // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2017. Т. 11. № 11 (11). С. 80-89.
2. Локтева О.С., Локтев Д.А. Риск-ориентированный подход как основа системы управления охраной труда // Наука и техника транспорта. 2018. № 1. С. 84-91.
3. Asghari Oskoei M., Hu H. Myoelectric control systems – A survey // Biomedical Signal Processing and Control. 2007. V. 2 (4). Pp. 275–294. DOI: 10.1016/j.bspc.2007.07.009.

УДК 004

ОСОБЕННОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ПОД ОС «АВРОРА»

Концевич Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
KondaDista@yandex.ru
Научный руководитель: Локтев Д.А., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

ОС «Aurora» — российская операционная система (ОС), ориентированная на безопасность [1], производительность и интеграцию с отечественными технологиями. Система не только соответствует российским стандартам таким как, ФСТЭК, но и интеграцию с отечественными криптографическими решениями. При этом оптимизированное ядро минимизирует нагрузку на ресурсы, сохраняя высокую производительность. Aurora поддерживает современные технологии и стандарты, что позволяет разрабатывать на её основе высокопроизводительные и масштабируемые приложения. Основополагающим аспектом является поддержка отечественных разработок и технологий, что может быть обязательно для некоторых отраслей, где критичны защита данных и локализация решений. Однако для разработки требуется точечное понимание архитектуры операционной системы.

Важным компонентом архитектуры ОС «Аврора» является слой аппаратных абстракций (HAL). Он служит посредником между операционной системой и аппаратным обеспечением, обеспечивая унифицированный интерфейс для взаимодействия с устройством. HAL позволяет абстрагировать детали реализации аппаратного обеспечения, что упрощает разработку драйверов и приложений, а также повышает переносимость и совместимость системы. Слой аппаратных абстракций состоит из интерфейсов, модулей, драйверов и механизмов безопасности. Интерфейсы обеспечивают унифицированный доступ к аппаратным ресурсам, скрывая специфику их реализации. Модули адаптированы для работы

с конкретными типами устройств или платформ, а драйверы используют эти интерфейсы для управления ресурсами. Механизмы безопасности включают контроль доступа, изоляцию компонентов и защиту от несанкционированных действий.

Рассматривая ключевые особенности архитектур, одним из обязательных пунктов разработки будет уделить внимание графическому интерфейсу ОС, который является связующим звеном между пользователем и системой. Пользовательское пространство ОС объединяет графический интерфейс для визуального взаимодействия, командную строку для текстового управления, а также приложения и сервисы, функционирующие на уровне пользователя. Интерфейс обеспечивает интуитивное взаимодействие через визуальные элементы [2], а через командную строку можно выполнять команды напрямую, а приложения и сервисы охватывают весь спектр пользовательских программ.

Понимание архитектуры и графического интерфейса определенно поможет в реализации продукта, однако нужна система для разработки наших приложений. Для этого есть комплексная экосистема инструментов и библиотек для создания, отладки и тестирования приложений, обеспечивающий высокую производительность, надежность и безопасность. Возглавляет ее Aurora SDK (Software Development Kit), включающий компиляторы, поддерживающие языки C, C++, а также инструменты сборки для упрощения конфигурации проектов. Центральным звеном реализации проектов является специализированная среда разработки - Aurora IDE. Интеграция с SDK обеспечивает доступ к компиляторам и утилитам управления зависимостями, а встроенный эмулятор Aurora OS позволяет тестировать приложения в виртуальной среде, имитирующей реальные устройства. Подключение осуществляется через Aurora ОС Emulator — кроссплатформенное решение, запускающее операционную систему на Windows, macOS и Linux, это исключает необходимость физического оборудования на ранних этапах разработки. Не стоит забывать про визуальную составляющую, фреймворк Qt с языком разметки QML позволяет разрабатывать интуитивные графические интерфейсы, интегрируемые с логикой на C++ [3]. Библиотеки для работы с сетью (Qt Network), базами данных (Qt SQL) и мультимедийными компонентами расширяют функциональность приложений. Завершающим звеном экосистемы является Aurora SDK Build Tools — набор инструментов для сборки и оптимизации приложений.

Подводя итог можно сказать, что Экосистема разработки под ОС «Aurora» (SDK, IDE, эмулятор, Build Tools) предоставляет полный цикл создания приложений — от проектирования интерфейсов до тестирования в реалистичных условиях. Акцент на безопасность и интеграцию с отечественными технологиями делает её ключевым инструментом для задач, требующих соответствия российским стандартам.

В заключении хочется отметить, что на официальном сайте ОС «Aurora» представлена понятная и подробная документация с примерами кода и инструкциями по работе с инструментами разработки. Для обучения доступны видеоуроки, где показана настройка среды, отладка и использование функций безопасности. Эти материалы помогут разработчикам легче и быстрее освоить платформу, сокращая время на поиск решений и исправления ошибок.

Список литературы

1. Локтева О.С., Локтев Д.А. Безопасность труда в транспортной отрасли // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2017. Т. 11. № 11 (11). С. 80-89.
2. Локтев А.А., Локтев Д.А. Определение параметров состояния объектов путем анализа их изображений с помощью нейронной сети // Транспортное строительство: сборник статей всероссийской научно-технической конференции (Москва, 01–05 марта 2020 года). Москва: Перо. 2020. С. 4-16.
3. Локтев А.А., Локтев Д.А. Оценка измерений расстояния до объекта при исследовании его графического образа // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 54-65.

УДК 004.93

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ

Коротыш Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
korotish13zzz@gmail.com
Научный руководитель: Локтев Д.А., д.т.н., профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Термин «информационная система» в контексте медицинской диагностики охватывает не только технические решения для сбора и обработки данных, но и концептуальные подходы к организации взаимодействия между пациентом, врачом и устройствами мониторинга. В условиях цифровизации здравоохранения возрастает значимость технологий, обеспечивающих непрерывное наблюдение за состоянием организма в реальном времени [1]. Особенно актуальным становится использование носимых устройств, таких как умные часы и фитнес-браслеты, способных фиксировать физиологические параметры человека и передавать данные в информационно-аналитические модули. Интеграция таких технологий в повседневную медицинскую практику требует не только инженерных решений, но и формирования новых подходов к обработке, интерпретации и защите данных, что делает тему разработки информационной системы медицинской диагностики особенно значимой. Разработка информационной системы для медицинской диагностики требует концептуального моделирования всех этапов её функционирования. На первом уровне формируется общая архитектура системы, включающая модули сбора данных с носимых устройств, их первичную обработку, анализ, визуализацию и передачу в медицинские учреждения при необходимости. Каждый компонент системы описывается через набор параметров: функциональность, затраты на реализацию, объём генерируемой информации и степень участия пользователя. Эти параметры формируют текущее состояние системы, отражающее её эффективность и пригодность для мониторинга здоровья.

Поведение системы описывается как совокупность реакций на внешние воздействия — от изменений показателей до технических сбоев. Взаимодействие компонентов подчиняется внутренним связям, обеспечивающим целостность процессов. Центром обработки выступает информационная система, которая преобразует входящие данные в значимые показатели здоровья, сравнивает их с нормативами и выявляет отклонения [2]. Такой подход позволяет организовать непрерывный цикл наблюдения и принятия решений, обеспечивая как самоконтроль пациента, так и врачебный мониторинг при необходимости.

Следующий этап в работе информационной системы заключается в аналитической обработке собранных данных. Исходя из измеренных параметров (частота сердечных сокращений, уровень кислорода в крови, артериальное давление), формируется вектор признаков, который подвергается сравнению с установленными нормативами. При обнаружении отклонений система может инициировать соответствующее уведомление для пользователя или врача. Однако ключевая особенность предложенного подхода заключается в способности не только фиксировать текущее состояние, но и предсказывать возможные изменения — на основе математического моделирования. Используемые методы регрессионного анализа позволяют выявить закономерности в изменении показателей здоровья и сформировать персонализированные рекомендации [3], что существенно расширяет функции обычного мониторинга.

Список литературы

1. Локтева О.С., Локтев Д.А. Риск-ориентированный подход как основа системы управления охраной труда // Наука и техника транспорта. 2018. № 1. С. 84-91.

2. Локтев А.А., Локтев Д.А. Определение параметров состояния объектов путем анализа их изображений с помощью нейронной сети // Транспортное строительство: сборник статей всероссийской научно-технической конференции (Москва, 01–05 марта 2020 года). Москва: Перо. 2020. С. 4-16.
3. Локтева О.С., Кочнев В.А., Локтев Д.А. Безопасный труд как основа государственно-частного партнерства на железной дороге // Наука и техника транспорта. 2019. № 4. С. 80-85.

УДК 004.89

ЯЗЫКОВАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМЕР ДЛЯ КРАТКОГО ПЕРЕСКАЗА

Кулаев С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
sergey.kulaev.work@gmail.com
Научный руководитель: Видьманов Д.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Актуальность разработки систем автоматического краткого пересказа обусловлена ростом объемов текстовой информации в цифровой среде [1]. Несмотря на прогресс в области больших языковых моделей, многие фундаментальные проблемы остаются нерешёнными. К ним относятся понимание неоднозначности, культурного контекста, сарказма и юмора. Исследователи решают эти задачи с помощью масштабного обучения на разнообразных наборах данных, но во многих сложных сценариях нейросети всё равно не достигают понимания на уровне человека.

Современные языковые модели демонстрируют высокую эффективность в задачах генерации текста, однако их применение для адаптивного сжатия информации с варьируемым уровнем детализации остается недостаточно изученным. Существующие решения часто ограничены фиксированным форматом вывода, что снижает их гибкость в сценариях, требующих персонализации, таких как образовательные платформы или аналитические системы. В работе представлена модель с динамическим управлением глубиной пересказа, основанной на семантической значимости фрагментов текста и контекстных связей между ними.

Ключевым элементом архитектуры является механизм внимания, который позволяет выделять наиболее значимые части входного текста, сопоставляя их с уже обработанными данными. Сутью метода является матрица, которая динамически перераспределяет вес значимости слов в зависимости от их контекста.

В основе решения лежит использование нейросетевой архитектуры [2], обученной на разнородных текстовых данных, включая новостные статьи, научные публикации и диалоги. Обучение модели проводилось на наборах данных с экспертными аннотациями, что позволило достичь баланса между сжатием текста и сохранением ключевых смысловых элементов. Оптимизация модели включает в себя подбор гиперпараметров, использование дополнительных механизмов обучения и постобработки результатов.

В ходе экспериментов оцениваются такие критерии, как сохранение смысловой точности, степень сжатия и воспринимаемость итогового текста. Критерием качества служат как экспертные оценки, так и автоматические показатели, например, ROUGE (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation). Основной идеей данного параметра является измерение перекрытий одногramм, биграмм и строк [3]. Кроме того, исследуется влияние различных архитектурных решений на точность модели, а также методы минимизации потери информации при сокращении текста.

В ходе разработки решения возник ряд сложностей, связанных с объемом системных ресурсов процессора и видеопамяти. Чтобы частично компенсировать недостаток вычислительных мощностей, в работе применяются методы распределенного обучения на

нескольких графических процессорах, градиентное накопление и оптимизация размеров пакетов данных.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются улучшение архитектуры модели для повышения качества пересказа, интеграция знаний из внешних источников и адаптация модели под специфические области применения. Решение этих задач позволит расширить практическое использование языковых моделей в различных сферах, включая образование, юриспруденцию и средства массовой информации. В частности, исследователи рассматривают возможность использования таких моделей для автоматического создания аннотаций научных статей и анализа текстов юридических документов.

Список литературы

1. Чурашкина Е.Д., Змеева Е.В., Сбитнева К.А., Видьманов Д.А. Разработка информационной системы управления мероприятиями с использованием RSS запросов и алгоритма логического анализа данных // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2024. Т. 20. С. 22-30.
2. Локтев А.А., Локтев Д.А. Определение параметров состояния объектов путем анализа их изображений с помощью нейронной сети // Транспортное строительство: сборник статей всероссийской научно-технической конференции (Москва, 01–05 марта 2020 года). Москва: Перо. 2020. С. 4-16.
3. Красов И.А., Попов В.С., Видьманов Д.А. Правило трёх сигм в поиске и анализе арбитражных ситуаций на рынке криптовалюты: реализация в MATLAB и 1С // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXIV Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова (Воронеж, 14-15 февраля 2024 г.). Воронеж: Воронежский государственный университет. 2024. С. 73-77.

УДК 004.4

СИСТЕМА УДАЛЁННОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ И ВСТРАИВАЕМЫХ УСТРОЙСТВ НА ОС LINUX

Максименков Ф.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
fomaximenkov@gmail.ru
Научный руководитель: Локтев Д.А., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В современном мире информационных технологий количество подключённых к сети устройств стремительно растёт. Согласно прогнозу Statista, в период с 2023 по 2030 год количество подключенных устройств Интернета вещей по всему миру удвоится - с 15,14 миллиарда в 2023 году до более чем 29 миллиардов в 2030 году. Эти устройства постоянно генерируют огромное количество системных событий, которые необходимо эффективно анализировать для обеспечения безопасной, стабильной и оптимальной работы систем [1]. В условиях широкого распространения Unix-подобных операционных систем наблюдается необходимость в инструменте, работающем на операционной системе Linux и способном аккумулировать логи с различных устройств в одном месте для последующей обработки. На данный момент на рынке отсутствует продукт, который сочетал бы в себе простой и интуитивно понятный даже новичку пользовательский интерфейс; богатый функционал; гибкость настройки параметров отображения и обработки системных логов; интеграцию с различными устройствами и системами и бесплатную доступность. Таким образом, разработка подобного визуального сервера является актуальной и востребованной задачей в области информационных технологий.

Цель разработки — получение системы с открытым исходным кодом, которая должна работать на операционной системе Linux; обрабатывать логи формата RFC-5424 от различных устройств; обеспечивать механизмы хранения лог-сообщений в файловой системе, отображения событий в реальном времени и из лог-файлов, а также механизмы сортировки и очистки; предоставлять возможность настройки параметров фильтрации, соединения, ротации лог-файлов, цветовой подсветки и реагирования на события [2], а также иметь простой и удобный пользовательский интерфейс.

Для проектирования был выбран язык Python, так как он является кросс-платформенным и имеет большой выбор библиотек, применимых для разработки визуального сервера. В состав системы были включены 9 модулей: модуль настройки сервера, модуль обработки, модуль фильтрации, модуль реагирования, модули записи и чтения, модуль цветового выделения, модуль ротации и модуль отображения [3].

Программа состоит из 6 экранов: 1. Главное окно, в верхней части которого располагается панель с кнопками вызова окон для настройки работы системы; ниже представлена панель для настройки режима отображения логов (в реальном времени от удалённого устройства или из лог-файла); в центре приведена таблица, в которой строками являются системные события, а столбцами их атрибуты; в самом низу располагается метка, указывающая по какому протоколу, адресу и порту осуществляется работа сервера. 2. Окно настройки сервера предоставляет возможность выбора рабочего протокола (TCP или UDP) и указания прослушиваемых адресов и портов. 3. Окно настройки цветового выделения предоставляет возможность выбора условия выделения путём установки нужного значения «Fasility» и «Severity», а также указания в специальном поле логического выражения для поиска символьного вхождения в логе, и сопоставления ему цвета. 4. Окно настройки параметров реагирования предоставляет три сценария: создание предупреждающего окна, воспроизведение аудио-файла и запуск пользовательской программы. Пользователь задаёт условие срабатывания (описано в 3 пункте) и способ реагирования. 5. Окно настройки фильтрации предоставляет два набора флагов для установки нужных значений «Fasility» и «Severity», флаги для установки и сброса всех значений и поле для указания логического выражения. 6. Окно ротации предоставляет возможность настройки автоматического создания новых лог-файл при достижение текущим файлом размера, указанного пользователем, или при истечение указанного пользователем временного промежутка, а также задания имени новому файлу.

Комплексное тестирование программы, проведённое как на операционной системе Linux, так и на Windows, подтвердило корректность реализации всех заявленных функциональных возможностей. Результаты тестов показали полное соответствие ожидаемым сценариям работы без выявления критических ошибок или отклонений в поведении системы.

В результате проведённой работы был разработан инструмент, соответствующий всем заявленным требованиям. Исходный код системы опубликован на платформе GitHub под лицензией MIT, что гарантирует открытый доступ, возможность модификации и бесплатное использование.

Список литературы

1. Локтев Д.А., Алфимцев А.Н. Измерение расстояния до движущегося объекта с помощью комплексной системы видеомониторинга // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 11 (23). DOI: 10.18698/2308-6033-2013-11-996.
2. Локтев А.А., Локтев Д.А., Дмитриев В.Г. Моделирование транспортных средств для определения параметров их движения и состояния путем обработки серии изображений // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2019. № 1. С. 97-107.
3. Локтев А.А., Локтев Д.А. Определение параметров состояния объектов путем анализа их изображений с помощью нейронной сети // Транспортное строительство: сборник статей

всероссийской научно-технической конференции (Москва, 01–05 марта 2020 года). Москва: Перо. 2020. С. 4-16.

УДК 004.891

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДИАГНОСТИКЕ ДЕМЕНЦИИ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Пашковская А.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
Научный руководитель: Попов В.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Деменция — это синдром, обусловленный заболеванием головного мозга, который проявляется нарушением когнитивных функций, включая память, мышление, ориентировку, способность к обучению, а также эмоциональными и поведенческими расстройствами [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, число людей с деменцией по всему миру превышает 55 миллионов и продолжает расти. Раннее выявление позволяет начать лечение на более ранних стадиях, что может замедлить прогрессирование болезни и улучшить качество жизни.

Традиционные методы диагностики имеют свои ограничения. Во-первых, они могут занимать много времени, что приводит к задержкам в постановке диагноза. Во-вторых, субъективность оценки результатов может варьироваться в зависимости от квалификации специалиста. Наконец, необходимость высокой квалификации специалистов ограничивает доступность качественной диагностики в некоторых регионах.

Проектами машинного обучения, лежащими в основе многих инновационных технологий искусственного интеллекта (ИИ), пронизаны почти все сферы экономики и общества [2]. Искусственный интеллект в последние годы становится ключевым игроком и в области медицины, особенно в диагностике сложных заболеваний. С использованием передовых технологий, таких как нейронные сети и алгоритмы машинного обучения, ИИ способен обрабатывать огромные объемы данных и выявлять скрытые закономерности. Это открывает новые горизонты для диагностики и управления заболеваниями.

Нейронные сети, вдохновленные структурой человеческого мозга, становятся основой многих современных решений. Они обучаются на больших наборах данных, что позволяет им распознавать сложные паттерны и делать предсказания с высокой степенью точности. Например, в области нейродегенеративных заболеваний нейронные сети могут анализировать медицинские изображения, выявляя даже незначительные детали.

Алгоритмы машинного обучения способны интегрировать различные источники информации — от генетических данных до результатов нейропсихологических тестов — и выявлять корреляции, которые могут помочь в прогнозировании риска развития деменции. Например, исследования показывают, что определенные генетические маркеры могут быть связаны с повышенным риском заболевания. Используя алгоритмы машинного обучения, исследователи могут создать модели, которые предсказывают вероятность развития деменции у конкретного пациента на основе его индивидуальных данных.

Одним из ярких примеров применения ИИ является использование алгоритмов для обработки изображений мозга. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать снимки магнитно-резонансной томографии (МРТ) и позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), выявляя паттерны, которые могут быть незаметны для человека. ИИ может применяться и для анализа результатов когнитивных тестов [3].

Конкретные алгоритмы, такие как DeepMind от Google, используют глубокое обучение для анализа медицинских изображений и показывают высокую точность в диагностике различных форм деменции. Исследования показали, что этот алгоритм может достигать точности более 90% в диагностике болезни Альцгеймера и сосудистой деменции. Другие

алгоритмы, анализирующие результаты нейропсихологических тестов, могут предсказывать риск развития заболевания с точностью до 85%.

Однако с ростом использования искусственного интеллекта в медицине возникают важные этические вопросы, касающиеся конфиденциальности данных пациентов. Кроме того, использование ИИ в медицине имеет и свои риски. Возможные недостатки включают зависимость от технологий, которая может привести к снижению клинической интуиции у врачей. Алгоритмы могут быть подвержены предвзятости, если они обучены на неполных или неравномерных данных. Также возникает необходимость подготовки специалистов, способных работать с новыми технологиями. Врачи должны быть обучены не только использовать искусственный интеллект как инструмент, но и понимать его ограничения и потенциальные риски.

В заключение можно сказать, что искусственный интеллект представляет собой мощный инструмент для диагностики. Его применение может привести к более раннему выявлению заболеваний, повышению точности диагностики и снижению нагрузки на медицинских работников. В будущем эти технологии могут изменить подход к лечению, позволяя создавать персонализированные планы на основе анализа больших данных о пациентах. Учитывая все эти факторы, можно ожидать, что интеграция ИИ в медицинскую практику станет важным шагом вперед в борьбе с деменцией.

Список литературы

1. Сидорова И., Широкова И. Деменция: Проблема и ее решения // Ремедиум. 2014. №11. С. 14-20.
2. Алефиренко Е.А., Черницына Л.Ю., Попов В.С. От теории графов к машинному обучению // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе: материалы Международной научно-практической интернет-конференции (г. Москва, 22–26 апреля 2024 г.) / под ред. Л.Л. Босовой. Москва: МПГУ. 2024. 628 с.
3. Овасапян Э.Д. Раннее выявление когнитивных расстройств у лиц пожилого и старческого возраста с использованием искусственного интеллекта // Вестник науки. 2024. Т. 3. № 8 (77). С. 117-122.

УДК 004.93

ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Ураимов М.Б., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
Muhammaddiyor503@gmail.com
Научный руководитель: Локтев Д.А., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В условиях глобализации рынков и ужесточения требований к продукции контроль качества стал критически важным элементом современных производственных процессов. Традиционные методы, основанные на визуальном осмотре человеком, сталкиваются с рядом ограничений: низкой скоростью, субъективностью оценок, высокой вероятностью ошибок и невозможностью масштабирования для крупносерийного производства [1]. Эти проблемы усугубляются в условиях работы с микроскопическими дефектами, сложными материалами или высокоскоростными конвейерными линиями.

Компьютерное зрение, как область искусственного интеллекта, предлагает инновационные решения для автоматизации контроля качества. Используя алгоритмы анализа изображений и видео, системы на основе компьютерного зрения способны обнаруживать дефекты, классифицировать объекты и измерять параметры продукции с точностью,

превышающей человеческие возможности [2]. Технологии глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (CNN) и генеративно-состязательные сети (GAN), дополнительно усиливают потенциал компьютерного зрения, позволяя обрабатывать сложные, неоднородные данные и адаптироваться к изменчивым условиям.

Активное внедрение методов компьютерного зрения в промышленность обусловлено не только технологическим прогрессом, но и экономическими факторами. Снижение доли брака, оптимизация ресурсов и повышение репутации бренда за счет стабильного качества – ключевые преимущества, которые делают такие системы востребованными в электронике, автомобилестроении, текстильной и пищевой отраслях. Однако внедрение подобных методов сопряжено с рядом вызовов: необходимостью больших размеченных датасетов, высокой вычислительной нагрузкой и сложностью интерпретации результатов моделей.

Методы компьютерного зрения [2, 3] могут применяться в системах контроля качества для решения таких задач, как измерение размеров, что особенно важно в производстве электронных компонентов и точной механики, контроля упаковки - для проверки ее целостности, правильности нанесения маркировки и наличия всех необходимых элементов (например, этикеток, штрих-кодов и т.д.); обнаружения дефектов на поверхности продукции, таких как царапины, трещины, вмятины и инородные включения (например, в металлургии системы на основе сверточных нейронных сетей используются для обнаружения дефектов на листах металла); сортировки продукции по различным критериям, таким как цвет, форма, размер и наличие дефектов, что широко применяется в пищевой промышленности и производстве электроники.

Компьютерное зрение стало неотъемлемым элементом современных систем контроля качества, кардинально трансформировав подходы к обеспечению стандартов производства. Замена ручного труда автоматизированными алгоритмами позволила достичь беспрецедентной точности (до 99%), скорости обработки данных и масштабируемости, что особенно критично в условиях массового выпуска продукции. Несмотря на высокие требования к вычислительным ресурсам и размеченным данным, их способность адаптироваться к неоднородным условиям и самообучаться на новых примерах делает их незаменимыми для промышленности.

Перспективы компьютерного зрения в контроле качества связаны с интеграцией передовых технологий:

- Edge Computing для обработки данных на устройстве, что снижает задержки и зависимость от облачных сервисов.
- Few-shot обучение, позволяющее обучать модели на ограниченных датасетах.
- Роботизированные системы, способные не только обнаруживать, но и мгновенно устранять дефекты.
- Цифровые двойники производства, синхронизирующие данные с физическими объектами в режиме реального времени.

В заключение, компьютерное зрение продолжает оставаться драйвером цифровой трансформации промышленности. Его дальнейшее развитие, основанное на гибридизации алгоритмов искусственного интеллекта и аппаратных инноваций, открывает путь к созданию автономных, адаптивных и самообучающихся систем. Такие решения не только минимизируют человеческий фактор, но и обеспечивают устойчивый рост качества продукции в условиях глобальной конкуренции.

Список литературы

1. Локтева О.С., Локтев Д.А. Безопасность труда в транспортной отрасли // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2017. Т. 11. № 11 (11). С. 80-89.

2. Локтев Д.А., Алфимцев А.Н. Измерение расстояния до движущегося объекта с помощью комплексной системы видеомониторинга // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 11 (23). DOI: 10.18698/2308-6033-2013-11-996.
3. Локтев А.А., Локтев Д.А. Оценка измерений расстояния до объекта при исследовании его графического образа // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 54-65.

СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ»

УДК 004.413

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И МЕТОДОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Анцифров Н.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
antsifrov.nikita@mail.ru
Научный руководитель: Мышенков К.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Важным фактором, влияющим на неудачное завершение проекта, является неправильный выбор методологии разработки программного обеспечения (ПО). Модель жизненного цикла (ЖЦ) – структурная основа процессов и действий, относящихся к жизненному циклу. По мнению Б. Боэма, основные функции модели ЖЦ ПО заключаются в определении последовательности этапов разработки ПО и выработке условий перехода от одного этапа к другому [1]. Методология – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Объект исследования: модели ЖЦ и методологии разработки ПО. Предмет исследования: история развития и наследственные взаимосвязи моделей ЖЦ и методологий разработки ПО. Цель работы: обеспечить руководителей проектов концентрированной достоверной информацией о множестве методологий разработки ПО для обоснованного выбора методологии для своего проекта либо разработки собственного гибридного варианта, что позволит улучшить качество планирования и повысить эффективность управления проектами. Настоящее исследование является продолжением работ [2, 3].

Исследованы модели ЖЦ: *Analysis and coding* и *Code-and-fix*; *Incremental*; *Iterative*; *Waterfall* и *Modified Waterfall* У.У. Ройса; *Iterative & Incremental Development (IID); Evolutionary Prototyping (Rapid Prototyping)* Т. Гилба; *Spiral* Б. Боэма [1]; *Vee Model* и *Dual Vee Model* К. Форсберга и Г. Муза; *Chaos Model* Л.Б.С. Ракуна.

Проанализированы наиболее известные методологии разработки ПО за последние 60 лет. Выделены группы и подгруппы методологий по трем критериям: авторские права; вид декомпозиции информационной системы и тип процессов.

В группу *Авторских* методологий вошли следующие. *Авторские структурные* методологии: *Yourdon Structured Methodology (YSM)* Э.Н. Йордона; *Data-Structured Systems Development (DSSD)* Ж.Д. Варнье и К.Т. Орра; *Martin Information Engineering (IE)* Дж. Мартина и К. Финкельштейна; *Gane-Sarson* К. Гейна и Т. Сарсона; *Jackson System Development (JSD)* М.А. Джексона и Д. Кэмерона. *Авторские объектно-ориентированные* методологии объединили: *Object-Oriented Systems Analysis (OOSA)* С. Шлаер и С.Дж. Меллора; *Yourdon-Whitehead*; *Coad-Yourdon*; *Booch* Г. Буча; *Object-Oriented Software Engineering (OOSE)* И. Якобсона; *Object-Oriented Analysis and Design (OOAD)* Дж. Мартина.

Группа *Стандартизованных* методологий: стандарты СССР и РФ *ГОСТ 19 ЕСПД и ГОСТ 34 АС*; стандарт Великобритании *Structured Systems Analysis and Design Method (SSADM)* и стандарты Министерства обороны США *DOD-STD*.

Группа *Корпоративных* методологий. Методологии *Корпоративные полного ЖЦ*: *Cleanroom Software Engineering* фирмы IBM; *CASE-Method* и *Custom Development Method (CDM)* корпорации Oracle; *DATARUN* фирмы Computer Systems Advisers; *Microsoft Solutions Framework (MSF)*; *Accelerated SAP (ASAP)* компании SAP; *Rational Unified Process (RUP)* компании Rational Software. *Корпоративные гибридные* методологии: *MSF for Agile Software Development (MSF Agile)* Microsoft; *Open Unified Process (OpenUP)* и *Oracle Unified Method (OUM)* Oracle; *Disciplined Agile Delivery (DAD)* IBM.

Группа *Гибких (Agile)* методологий. *Авторские Agile* методологии: *Rapid Application Development (RAD)* Д. Динадасы и Дж. Мартина; *Dynamic System Development Method (DSDM)* Дж. Стэплтона; *Feature-Driven Development (FDD)* Дж. Де Люка с коллегами; *Extreme Programming (XP)* К. Бека с коллегами; *Lean Software Development (Lean SD)* М. и Т. Поппендик; *Kanban* К. Ладаса; *Development & Operations (DevOps)* Дж. Оллспау и П. Хаммонда. *Командные Agile* методологии: семейство *Crystal* А. Кокберна; *Scrum* К. Швабера и Дж. Сазерленда; *Large-Scale Scrum (LeSS)* К. Лармана и др.; *Scrum of Scrums (SoS*) С. Аль Кураши и др.; *Process-based scalable Scrum (Nexus)* К. Швабера; *Improved Scrum (IScrum)* С. Ашрафа; *Scrum Lite (ScrumBut)* и *Advanced Scrum (ScrumAnd)* В. Кришны и А. Басу. *Гибридные Agile* методологии: *Agile Unified Process (AUP)* С. Эмблера; *eXScrum (XP & Scrum)* С. Вриенса; *Scrumban (Scrum & Kanban)* К. Ладаса; *eXSRUP (XP, Scrum & RUP)* М.С. Башира и М.Р.Дж. Куреши; *eXRUP (XP & RUP)* Г. Расула с коллегами; *Scaled Agile Framework for Lean Software and Systems Engineering (SAFe)* Д. Леффингвелла и Р. Кнастера.

Разработаны хронологически упорядоченные графические схемы развития моделей ЖЦ и методологий разработки ПО с отображением их основных наследственных взаимосвязей. Проведен ретроспективный структурированный анализ развития исследованных моделей ЖЦ и групп методологий разработки ПО.

Список литературы

1. Boehm B.W. A Spiral Model of Software Development and Enhancement // Computer. California, Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1988. V. 21 (5). Pp. 61–72. DOI 10.1109/2.59.
2. Gurianov D.A., Myshenkov K.S., Terekhov V.I. Software Development Methodologies: Analysis and Classification // 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE) (Moscow, 16–18 March, 2023). M.: IEEE, 2023. V. 5. Pp. 1–8. DOI 10.1109/REEPE57272.2023.10086852. EDN XKKKPU.
3. Мышенков К.С., Гурьянов Д.А. Управление программными проектами: модели жизненного цикла и методологии разработки, анализ и классификация // Динамика сложных систем – XXI век. 2024. Т. 18. № 2. С. 36–58. DOI 10.18127/j19997493-202402-04.

УДК 008

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ШРИФТОГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ

Балабанов А.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
alexclass98@mail.ru
Научный руководитель: Филиппович А.Ю., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В современном мире пользователи ежедневно взаимодействуют с различными веб ресурсами, каждый из которых обладает собственной стилистикой и брендингом. На данный момент существует большое количество исследований по шрифтографии [1], которые показывают, как форма букв, их наклон или толщина влияют на восприятие и отношение пользователя к продукту. Каждая деталь имеет значение и может передать эмоции, идею и даже более сложные ассоциации, например, вкус. Однако, нет какого-то инструмента, который бы позволил исследовать эти ассоциации и исходя из них подобрать конкретный шрифтовографический образ по запросу пользователя. Поэтому цель моей работы – разработать систему для исследования данной предметной области.

Первая задача – сбор данных. Необходимо получить большое количество ассоциаций на различные виды шрифтов, на которых будет строиться дальнейший анализ. Для этого было

принято использовать анкетирование пользователей в форме свободного ассоциативного эксперимента [2]. Такая форма опроса позволяет получить реакции на определенный стимул с некоторой частотой, которую мы можем оценить. В данном случае на каждый шрифт мы получаем конкретную ассоциацию пользователя. Для анализа было взято 10 самых популярных шрифтов. Респонденту предлагаются слова, написанные в форме определенного шрифта, а он должен написать свою реакцию, на каждый ответ дается 60 секунд. Правила эксперимента: ответы не должны повторяться, время на каждый вопрос и весь тест ограничены, в рамках одного исследования ответы на вопросы должны быть уникальными. В разработанном стенде системы пользователь также может посмотреть заготовленные тексты или написать свой. Это позволит прийти к наиболее объективному ответу.

Для графического анализа результатов было принято решение использовать язык JavaScript с фреймворком React и библиотекой vis-network, которая позволяет визуализировать результаты эксперимента. Данные представляются в виде графа, где вершины зеленого цвета – шрифты, а синего – реакции, над их рёбрами подписывается количество таких связей. Такой подход позволяет увидеть цепочку построения ассоциаций и полезен при аналитике. Более того, при интеграции системы с крупным ассоциативным словарём можно выявлять более сложные закономерности.

Завершающий этап эксперимента представляет из себя решение обратной задачи: рекомендации шрифтов на основе пользовательского запроса. Для этого необходимо определить метод анализа, а также выбрать подходящую систему управления базами данных. Для нахождения "лучшего" шрифта был выбран следующий подход. Оптимальная вершина определяется комбинированным методом графа со штрафом за сложность. Такой вариант позволяет проанализировать полную ассоциативную сеть и найти в ней неочевидные на первый взгляд варианты. Для хранения и анализа данных ассоциативного эксперимента можно использовать как реляционные, так и графовые базы данных. Рассмотрим два варианта: PostgreSQL и Neo4j. В рамках данной работы, учитывая необходимость расширения функциональности и усложнения анализа, рекомендуется использовать Neo4j [3]. Графовая модель позволит более гибко работать со связями между шрифтами и реакциями, а язык Cypher обеспечит эффективное выполнение сложных аналитических запросов. Однако тестовый стенд использует PostgreSql, так как это более простое, популярное и удобное решение.

Суммируя вышесказанное, в данном исследовании была представлена методология разработки, а также исследования шрифтографических образов, которая при дальнейшем развитии способна справляться с конкретными задачами и приносить результаты.

Список литературы

1. Как шрифты формируют наше восприятие: что нужно знать бизнесу о влиянии дизайна // Копирайтерское агентство «Копи Дженерал». URL: https://copygeneral.ru/kak-shrifty-formiruyut-nashe-vospriyatie-chto-nuzhno-znat-biznesu-o-vliyanii-dizajna/ (Дата обращения 01.04.2025).
2. Филиппович А.Ю. Исследования шрифтографических образов на основе ассоциативного эксперимента // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 9/2. С. 124–126. DOI: 10.37882/2223-2982.2023.9-2.27.
3. PageRank Algorithm // Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/PageRank (Дата обращения 01.04.2025).

УДК 004.912

МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ МОДУЛЬНЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО КОДА

Ваганов Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
vaganovdd2@gmail.com
Ширшов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
artyomsh01@yandex.ru
Научный руководитель: Григорьев Ю.А., д.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и вычислительная техника»

Тестирование программного обеспечения — это процесс проверки программного обеспечения на наличие аномалий. Модульное тестирование может и должно использоваться в течение жизненного цикла разработки программного обеспечения, чтобы постоянно проверять, что каждый компонент функционирует в соответствии со спецификациями. Однако часы разработки часто предпочтительнее использовать для создания дополнительных функций, а не для обеспечения правильного функционирования существующих функций. Автоматические генераторы модульных тестов могут предоставить наборы тестов, которые избавят разработчика от необходимости тратить часы разработки на написание исчерпывающих модульных тестов, не ставя при этом под угрозу качество программного обеспечения. Рассмотрим, *следующие методы*:

Одним из подходов к автоматической генерации тестов является использование поисковых алгоритмов, таких как генетические алгоритмы. Программные инструменты, такие как EvoSuite (для Java) и Punguin (для Python), основаны на алгоритмах MOSA (Many-Objective Sorting Algorithm). Эти алгоритмы анализируют исходный код, выявляя операторы ветвления и другие ключевые точки, влияющие на поведение программы. Затем создаются тестовые наборы, которые проходят процесс оптимизации, аналогичный эволюции в генетических алгоритмах. MOSA применяет многокритериальную оптимизацию для максимизации покрытия кода, а следующее поколение алгоритма DynaMOSA (Dynamic Many-Objective Sorting Algorithm) улучшает этот процесс, динамически выбирая цели для покрытия. [1] Однако такие методы имеют недостатки: они зависят от корректности исходной реализации и могут не выявить ошибки, если код изначально написан неправильно.

В современном мире популярен подход генераций кода при помощи LLM (Large Language Model). Большие языковые модели (LLM), такие как GPT-4, Codex и CodeLlama, активно применяются для автоматизации генерации программного кода, демонстрируя значительный прогресс в последние годы. Эти модели, обученные на обширных источниках открытого кода и документации, способны интерпретировать текстовые запросы на естественном языке и преобразовывать их в функциональные фрагменты кода, полноценные функции или даже сложные алгоритмы. Например, GitHub Copilot на базе Codex предлагает разработчикам автодополнение кода в реальном времени, а специализированное ПО, как AlphaCode, показывают высокие результаты в решении задач спортивного программирования. [2]

Одно из отличии программных средств, аналогичных EvoSuite и больших языковых моделей в том, что человек может на основе полученного ответа, написать ответный запрос и получить более удовлетворяющий ответ. Таким образом, мы получаем следующий метод, представляющий собой кодо-ориентированный поток, который вращается вокруг итеративного процесса, в котором мы неоднократно запускаем и исправляем сгенерированный код с помощью тестов ввода-вывода. Ключевыми элементами данного потока являются генерация дополнительных данных, таких как отражение проблем, описание необходимого результата и обоснование тестов, разъяснения их валидности, для корректного обогащения исходных тестов дополнительными тестами, созданными ИИ.

Наличие имеющихся решений без использования больших языковых моделей способных выдавать скелет итогового тестового набора, имеет свои плюсы, так как пользователь может получить гарантированный результат, не подверженный галлюцинациям LLM. С другой стороны, большие языковые модели, могут закрыть некоторые их недостатки. Среди них – возможность больших языковых моделей редактировать ответ по просьбе пользователя, возможность предоставления примера структуры итогового кода, исправления не только тестового набора, но и исходного кода по необходимости.

Таким образом появляются идеи об использовании нескольких подходов. Её особенностью является использование как EvoSuite, так и больших языковых моделей. В качестве большой языковой модели могут использоваться различные по выбору пользователя. Данный подход является агрегацией двух подходов, то есть пользователь может выбрать, что использовать для генерации тестов и на основе полученного результата выбрать удовлетворяющее.

На основе описанных статей и подходов также появляется мысль об улучшении идеи совместного подхода. В статье AlphaCodium использовались задачи, уже имеющие изначальный набор тестов – на основе которого генерировались дополнительные тесты, улучшающие решение. В нашем контексте можно использовать EvoSuite и другие подобные ему решения для создания первоначального набора, который затем будет дорабатываться с использованием LLM, чтобы повысить итоговые показатели. Данный подход также хорош тем, что мы не отказываемся от результата EvoSuite и худшим результатом для пользователя может быть только результат данного программного обеспечения. Если же исходного программного обеспечения для создания исходного набора нет, тогда конечный пользователь может сам создать пример или скелет тестового набора, для получения схожего результата, автоматизируя часть процесса покрытия исходного кода.

Список литературы

1. Panichella A., Kifetew F.M., Tonella P. Automated test case generation as a many-objective optimisation problem with dynamic selection of the targets // IEEE Transactions on Software Engineering. V. 44. № 2. Pp. 122-158. DOI: 10.1109/TSE.2017.2663435.
2. Ridnik T., Kredo D., Friedman I. Code Generation with AlphaCodium: From Prompt Engineering to Flow Engineering. DOI: 10.48550/arXiv.2401.08500.

УДК 004.62

РЕДАКТОР МЕТАГРАФОВЫХ ДАННЫХ: РАЗВИТИЕ ИДЕЙ INFOPATH И XFORMS

Ваганов Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
vaganovdd2@gmail.com
Ширшов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
artyomsh01@yandex.ru
Научный руководитель: Гапанюк Ю.Е., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Современные технологии редактирования данных через формы представляют собой важный инструмент в управлении структурированной информацией. Среди наиболее известных решений выделяются XForms и Microsoft InfoPath, каждая из которых предлагает собственный подход к организации и обработке данных. В рамках исследования возможностей этих технологий был разработан специализированный редактор, адаптированный для работы с метаграфовыми данными.

XForms представляет собой спецификацию для веб-форм, основанную на XML, позволяющую разделять логику представления и данных. В отличие от традиционных HTML-форм, XForms поддерживает декларативную модель, в которой данные определяются отдельно от пользовательского интерфейса [1]. Это позволяет динамически изменять структуру формы в зависимости от содержимого и логики приложения. Важной особенностью является возможность работы с данными в формате XML, поддержка валидации и автоматическое связывание элементов формы с моделью данных.

Microsoft InfoPath предлагает иной подход к редактированию данных через формы, ориентированный на интеграцию с экосистемой Microsoft. Этот инструмент позволяет создавать сложные формы без необходимости программирования, используя визуальный интерфейс. Он поддерживает работу с различными источниками данных, включая XML, базы данных и веб-службы. Одним из ключевых преимуществ является встроенная поддержка бизнес-логики и механизмов валидации [2], что делает его удобным инструментом для корпоративных решений.

Разрабатываемый редактор метаграфовых данных опирается на идеи, заложенные в XForms и InfoPath, адаптируя их для работы с расширенной структурой графовых объектов. В отличие от традиционных форм, метаграфовый редактор учитывает не только отношения между вершинами, но и сложную систему метаданных, связывающих как узлы, так и рёбра. Использование декларативного подхода XForms позволяет описывать структуру метаграфа в виде модели, а механизмы InfoPath были адаптированы для создания удобного пользовательского интерфейса, обеспечивающего интуитивное взаимодействие с многосвязными структурами.

Одним из ключевых решений стало использование XML [3] для хранения метаграфовых данных, что упростило их интеграцию с существующими системами. Заимствованные из XForms механизмы валидации и связывания данных позволили реализовать динамическое изменение структуры формы в зависимости от контекста. Интерактивные возможности InfoPath вдохновили на создание системы пользовательских триггеров, упрощающих работу с редактированием и визуализацией сложных связей внутри метаграфа.

Разработанный редактор метаграфовых данных представляет собой гибридное решение, использующее сильные стороны существующих технологий редактирования данных через формы. Он обеспечивает удобную и наглядную работу с метаграфами, сочетая гибкость декларативного подхода XForms и удобство визуальных инструментов InfoPath. В результате удалось создать инструмент, оптимизированный для работы с расширенными графовыми структурами, открывающий новые возможности в области управления и анализа сложных данных.

Список литературы

1. XForms 1.1. W3C Recommendation 20 October. 2009. URL: http://www.w3.org/TR/xforms/ (дата обращения 21.03.2025).
2. Introduction to Microsoft InfoPath. 2010. URL: https://support.microsoft.com/ru-ru/office/общие-сведения-о-microsoft-infopath-2010-70c21df0-6f93-4140-99e6-676d489b2818 (Дата обращения 21.03.2025).
3. Самохвалов Э.Н., Ревунков Г.И., Гапанюк Ю.Е. Введение в XML – технологии: электронное учебное издание. / Второе изд. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 568 с.

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНДЕРНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Воронцова А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
ivanovaii@mail.com
Олейников И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
olieinikov_ilia@mail.ru
Научный руководитель: Кротов Ю.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Современные задачи оптимизации, особенно в условиях многомерных и многоэкстремальных пространств поиска, требуют разработки новых подходов к их решению. Генетические алгоритмы (ГА) зарекомендовали себя как эффективный инструмент для таких задач, однако их классические версии имеют ограничения, связанные с преждевременной сходимостью и недостаточным разнообразием популяции. Введение гендерного подхода в ГА может стать перспективным направлением для улучшения их производительности [1].

Гендерный генетический алгоритм (ГГА) предполагает разделение особей в популяции на «мужские» и «женские» группы, каждая из которых выполняет специфические функции в процессе эволюции. «Мужские» особи отвечают за исследование новых областей пространства поиска, а «женские» — за эксплуатацию уже найденных решений. Такой подход позволяет поддерживать баланс между исследованием и эксплуатацией, что является ключевым для успешной оптимизации [2].

В рамках исследования был разработан модифицированный гендерный генетический алгоритм (ГГА), в котором популяция разделяется на две группы: «мужские» и «женские» особи. «Мужские» особи отвечают за исследование новых областей пространства поиска, что достигается за счет увеличения вероятности мутаций и более широкого диапазона изменений параметров. «Женские» особи, напротив, ориентированы на эксплуатацию уже найденных решений, что реализуется через более интенсивное использование оператора кроссовера и локального поиска. Для повышения эффективности алгоритма был предложен механизм адаптивного изменения соотношения между группами в зависимости от этапа эволюции: на начальных этапах преобладают «мужские» особи для широкого исследования пространства, а на поздних этапах увеличивается доля «женских» особей для уточнения решений. Для оценки работы ГГА использовались стандартные тестовые функции оптимизации (Розенброка, Растригина, Швефеля и др.). Эксперименты проводились в сравнении с классическим генетическим алгоритмом и его известными модификациями, такими как элитарный ГА и ГА с адаптивными параметрами.

Результаты показали, что ГГА демонстрирует более высокую точность и скорость сходимости по сравнению с классическими ГА и другими модификациями. В частности, на многоэкстремальных функциях ГГА показал улучшение на 15-20% по точности нахождения глобального оптимума. Адаптивное изменение соотношения гендерных групп позволило снизить вероятность преждевременной сходимости на 30%.

Основным преимуществом ГГА является его способность поддерживать высокое разнообразие популяции на протяжении всей эволюции, что особенно важно для задач с большим количеством локальных оптимумов. Однако внедрение гендерного подхода требует дополнительных вычислительных ресурсов для управления группами особей, что может быть ограничением для задач с высокой размерностью.

Гендерный генетический алгоритм представляет собой перспективное направление для решения сложных задач оптимизации. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку более эффективных механизмов адаптации гендерных групп, а также на

интеграцию ГГА с другими методами оптимизации, такими как swarm intelligence или deep learning.

Список литературы

1. Головинский П.А. Гендерный генетический алгоритм с обучением в задаче динамической оптимизации. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2020. № 1. С. 130-139.
2. Kevin T.M. GGA: A gender-based genetic algorithm for the automatic configuration of algorithms. Providence: Brown University, Department of Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-642-04244-7_14.

УДК 004.62

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ BI-СИСТЕМ С МЕТАГРАФОВЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ДАННЫХ

Зонова А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
zona_net27@mail.ru
Лялин А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
lai2018@yandex.ru
Научный руководитель: Гапанюк Ю.Е., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Современные BI-системы (Business Intelligence) предназначены для анализа данных, визуализации ключевых метрик и поддержки принятия решений. В то же время, с развитием технологий анализа данных растет потребность в обработке сложных структур данных, включая метаграфовые источники. Метаграфы, расширяющие традиционные графовые модели, позволяют представлять многослойные связи и отношения между объектами, что делает их ценным инструментом для аналитики [1].

Основной проблемой интеграции BI-систем с метаграфами является отсутствие стандартных механизмов обработки таких данных, что требует разработки специализированных коннекторов, оптимизированных алгоритмов обработки и адаптации аналитических моделей. Целью данной работы является исследование существующих методов интеграции BI-систем с метаграфовыми источниками и разработка оптимальных решений.

Существует несколько подходов к интеграции BI-систем с метаграфами:

1. Прямое подключение через API – использование API метаграфовой базы данных для получения данных в реальном времени.
2. Промежуточное хранилище – предварительное извлечение и трансформация данных в реляционную или документную базу для последующего анализа в BI.
3. Использование графовых коннекторов – специальные адаптеры, позволяющие BI-системам взаимодействовать с графовыми базами, такими как Neo4j или ArangoDB.
4. Гибридные решения – сочетание нескольких методов для обеспечения балансировки между производительностью и гибкостью.

Среди представленных методов наиболее перспективным в контексте интеграции BI-систем, таких как Apache Superset, является использование промежуточного хранилища в реляционной базе данных [2]. Такой подход имеет ряд преимуществ:

Производительность. Запросы к реляционной базе данных значительно быстрее, чем обработка сложных графовых структур в реальном времени. Использование индексов и

механизмов оптимизации SQL позволяет значительно сократить время выполнения аналитических запросов.

Совместимость. Большинство BI-инструментов, включая Apache Superset, имеют встроенную поддержку реляционных баз данных и их ORM-оберток, таких как SQLAlchemy. Это устраняет необходимость в использовании специализированных коннекторов для графовых баз.

Обновление и агрегация. Предварительная обработка данных в промежуточном хранилище позволяет агрегировать, нормализовать и фильтровать данные перед их загрузкой в BI-систему, что облегчает анализ и визуализацию.

В качестве промежуточного хранилища была выбрана реляционная СУБД PostgreSQL, в которой реализована схема хранения метаграфа. Для работы с данными используется SQLAlchemy, что позволяет легко интегрировать данные в Apache Superset [3]. Обработка данных включает в себя следующие этапы:

Предварительная загрузка и нормализация – метаграфовые данные извлекаются, нормализуются и загружаются в PostgreSQL.

Индексация и оптимизация запросов – создаются индексы и оптимизируются SQL-запросы для ускорения выполнения аналитических операций.

Подключение к Apache Superset – используя SQLAlchemy, BI-система получает доступ к подготовленным данным, обеспечивая удобную визуализацию и анализ.

Исследование показало, что использование промежуточного хранилища в виде реляционной базы данных является эффективным способом интеграции BI-систем с метаграфовыми источниками данных. Оно обеспечивает высокую производительность, совместимость с BI-инструментами, гибкость в обработке данных и удобство в визуализации. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку автоматизированных ETL-процессов для обновления данных в промежуточном хранилище и оптимизацию хранения больших метаграфов в реляционной среде.

Список литературы

1. Гапанюк Ю.Е. Основные положения многомерно-метаграфовой модели данных и знаний // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: сб. науч. тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. (Коломна, 16–19 мая 2022 г.): в 2 т. Т. 2 / Общерос. обществ. организация «Российская ассоциация искусственного интеллекта». Переславль-Залесский: РАИИ, 2022. С. 28–38.

2. Gapanyuk Yu., Belousov E., Nardid A., Gromozdov D., Molchanov A. Metagraph storage implementation using relational database based on mutability/temporality approach // 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE) (Moscow, 29 Feb.–2 Mar., 2024). – Moscow: IEEE. 2024. № 209. DOI: 10.1109/REEPE60449.2024.10479956.

3. Apache Superset: документация // Сайт Apache Superset. URL: https://superset.apache.org/docs/intro/ (Дата обращения 28.03.2025).

УДК 004.651

ТАБЛИЦА НАЧАЛЬНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ПОЛНОГО ОБХОДА МЕТАГРАФОВ И АРХИГРАФОВ

Морозевич М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
mrsmoroz@mail.ru
Научный руководитель: Сухобоков А.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Метаграфы и архиграфы [1] представляют собой расширенные структуры данных, обобщающие понятие графов. Они позволяют моделировать сложные системы с множеством типов связей и иерархий, что открывает новые возможности для работы со сложными, иерархическими и распределенными данными с помощью метаграфовых и архиграфовых баз данных. Модель данных, основанная на архиграфе, позволит использовать сложные структуры метаграфа и привязывать к ним таблицы, многомерные кубы и поисковые индексы. Такой подход позволит основным типам приложений работать с единой структурой данных.

Для модели [2] планируется использовать архиграф с 9 классами: вершины, ребра, метавершины, метаребра, многомерные кубы, таблицы, индексы, документы, атрибуты. Ее реализацией будет являться архиграфовая система управления базами данных (СУБД), которая будет иметь 3 уровня: уровень хранения данных, уровень универсальной модели представления данных и уровень обработки аналитических запросов. Для обеспечения доступа к данным и их поиска необходимо иметь возможность провести полный обход метаграфа и архиграфа.

Одной из ключевых задач при работе с метаграфами и архиграфами является полный обход [3], который подразумевает посещение всех вершин и ребер структуры без пропусков, что усложняется из-за наличия иерархий и множественных компонент связности. Для данного процесса необходимо определить начальную точку, особенно при обходе несвязного графа, чтобы посетить все компоненты связности. Начальные вершины – это вершины, с которых можно начать процесс обхода. Выбор начальных вершин может существенно повлиять на эффективность алгоритма обхода. В зависимости от структуры метаграфа или архиграфа, разные начальные вершины могут привести к различным путям обхода и количеству посещенных узлов.

Перед началом обхода следует определить набор начальных вершин, который будет состоять минимум из одного элемента. Набор будет необходимо определить, уметь обращаться к нему и отслеживать. При изменениях в метаграфе или архиграфе набор может, соответственно, изменяться в зависимости от их влияния на компоненты связности. Предлагается в отдельных сущностях следить за особенностями графовой структуры.

Для фиксирования начальных вершин метаграфа или архиграфа предлагается использовать таблицу начальных вершин, в которой описываются аналитики вершин. Аналитики вершин могут включать идентификатор вершины, тип вершины, компонент связности и метку посещения. Метка посещения используется для отслеживания использования вершины, как начальной при обходе. Следовательно, перед каждым обходом все метки посещения в таблице очищаются, а потом заполняются по мере перебора начальных вершин, пока у всех записей в таблице не будет положительно заполнена метка. В таблицу должны быть записаны все вершины, у которых нет входящих ребер. При определении степени входа вершины все ребра будем считать ориентированными, и для вершины учитывать ребро, если она для него является конечной. При наличии цикла ребра, которые в него входят, не учитываются при формировании таблицы начальных вершин.

Для каждой вершины определим ее отнесение к таблице при 4 изменениях в графе: 1) при добавлении вершины добавляем ее в таблицу; 2) при удалении вершины проверяем, что если вершина находится в таблице, то из таблицы ее удаляем; 3) при добавлении ребра

проверяем, что если существует цикл, в который входит ребро, то ребро не рассматриваем, иначе если конечная вершина находится в таблице, то из таблицы ее удаляем; 4) при удалении ребра проверяем, что если конечная вершина не имеет больше входных ребер, то добавляем ее в таблицу.

Таким образом, в процессе работы метаграфовой или архиграфовой СУБД предлагается поддерживать таблицу начальных вершин, в которой сохраняются данные о них. Такая таблица будет являться отдельной сущностью, зависимой от структуры метаграфа и архиграфа, но отдельно хранимой и изменяемой в процессе изменения его структуры.

Список литературы

1. Кручинин С.В. О некоторых обобщениях графов: мультиграфы, гиперграфы, метаграфы, потоковые и портовые графы, протографы, архиграфы // Вопросы науки. 2017. № 3. С. 48-67.
2. Sukhobokov A.A. et al. Universal data model as a way to build multi-paradigm data lakes // 2024 9th International conference on big data analytics (ICBDA) (Japan, 16-18 March, 2024). IEEE. 2024. Pp. 203-211. DOI: 10.1109/ICBDA61153.2024.10607189.
3. Tetzel F., Kasperovics R., Lehner W. Graph traversals for regular path queries // Proceedings of the 2nd joint international workshop on graph data management experiences & systems (grades) and network data analytics (NDA) (Amsterdam, 30 June – 05 July, 2019). 2019. DOI: 10.1145/3327964.3328494

УДК 008

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОВ МЕЖДУ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ В ЦЕПОЧКЕ ПОСТАВОК

Печенкин П.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
cskapeter@mail.ru
Научный руководитель: Сухобоков А.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Оптимальный выбор транспортных средств является одной из ключевых задач в управлении цепочками поставок, поскольку от него зависят затраты на логистику, эффективность распределения грузопотоков и соблюдение временных ограничений доставки. Различные виды транспортных средств обладают различной грузоподъемностью, себестоимостью перевозки и маршрутными ограничениями, что требует учета множества факторов при принятии решений. В случаях, когда допускается разделение груза на части, возможна более гибкая организация перевозок, способствующая снижению совокупных логистических издержек и повышению эффективности всей системы поставок.

Метод оптимального выбора транспортных средств основан на последовательном переборе возможных вариантов их использования с целью минимизации затрат. В его основе лежит принцип приоритизации транспортных средств с наименьшей грузоподъемностью, позволяющее более точно учитывать затраты на перевозку и рационально распределять грузовые потоки. На начальном этапе рассматриваются варианты транспортировки с привлечением малых транспортных единиц, поскольку их использование, как правило, обеспечивает большую гибкость в распределении поставок и может снизить издержки на коротких маршрутах. Однако такой подход не всегда оказывается оптимальным, так как большое количество малотоннажных перевозок может привести к росту совокупных транспортных расходов. В случае, если такой способ оказывается неэффективным с точки

зрения общей стоимости логистической системы, осуществляется постепенный переход к транспортным средствам большей вместимости.

На этапе финального распределения груза особое внимание уделяется ситуации, когда после разбиения партии остается небольшой остаток, не полностью заполняющий очередное транспортное средство. В таких случаях рассматриваются два возможных подхода. Первый вариант заключается в использовании дополнительного небольшого транспортного средства исключительно для доставки оставшегося объема груза. Такой подход позволяет сохранить структуру основного распределения и избежать необходимости пересчета уже спланированных маршрутов. Второй вариант заключается в перераспределении нагрузки и замене последнего крупного транспортного средства на несколько меньших единиц, что позволяет более равномерно распределить груз и избежать недостаточной загрузки. Однако такой вариант требует пересмотра всей системы маршрутизации, так как изменение одной части логистической схемы может повлиять на оптимальность других транспортных потоков. Предложенный метод применяется ко всему множеству доступных транспортных средств и анализируется для каждого возможного способа доставки, что позволит учесть влияние изменения транспортных затрат на всю систему цепочки поставок. В частности, снижение или увеличение стоимости перевозки на одном из маршрутов может привести к перераспределению грузопотоков и изменению оптимального выбора складов, с которых осуществляется отгрузка. Поэтому оценка эффективности каждого варианта выполняется с учетом влияния на всю логистическую систему в целом.

Завершающим этапом является выбор наименее затратного варианта транспортировки. После перебора всех возможных комбинаций транспортных средств и проведения расчетов стоимости доставки для каждого варианта осуществляется окончательное сравнение, на основании которого определяется оптимальное решение, минимизирующее совокупные логистические затраты.

Данный метод оптимального выбора транспортных средств предлагает гибкий подход к организации грузоперевозок в цепочке поставок. Его применение позволяет снизить затраты за счет последовательного перебора возможных вариантов перевозки и распределения грузов. В отличие от традиционных методов, данный подход предусматривает возможность деления грузов на части, что повышает адаптивность логистической системы и способствует более эффективному использованию транспортных ресурсов. Ключевым преимуществом данного метода является комплексный учет влияния изменения стоимости доставки на всю логистическую сеть. Оптимизируется не только отдельные маршруты, но и вся цепочка поставок, обеспечивающая рациональное распределение грузопотоков и минимизацию совокупных логистических издержек [1, 2].

Список литературы

1. Лебедева О.А. Организация перевозки грузов с применением различных вариантов транспортировки // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2017. № 11. С. 160-163.
2. Лебедева О.А. Многокритериальная методология распределения грузов при перевозке автомобильным транспортом // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2024. № 1. С. 226-229.

СЕКЦИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

УДК 331.101.5

АНАЛИЗ ТЕОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Мартыненко А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
qwerty5178@yandex.ru
Научный руководитель: Шевчун В.Н., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Согласившись в начале Нового времени с тезисом античного философа Протагора: «Человек есть мера всех вещей», человечество избрало для своего развития путь удовлетворения материальных потребностей – путь неуклонного повышения комфортности существования. Для повышения разнообразия и доступности материальных благ человечество потребовало создать постоянно совершенствующееся производство, основанное на постоянном развитии науки и социально-экономических отношений. Постоянное и неуклонное развитие возможностей потребления – научно-технический прогресс, можно представить как цепь технологических укладов, сменяющих друг друга в процессе развития человечества. В данной статье предпринята попытка систематизации прошедших и предстоящего технологических укладов.

Теория технологических укладов — это концепция, которая описывает эволюцию экономики и общества через смену технологических парадигм. Каждый технологический уклад представляет собой этап развития, характеризующийся определённым набором ключевых технологий, способов производства, энергетических источников и социально-экономических отношений. Смена укладов связана с научно-техническим прогрессом и приводит к трансформации всех сфер жизни общества.

Теория технологических укладов была разработана в рамках теории длинных волн (Кондратьевских циклов), предложенной русским экономистом Николаем Кондратьевым в 1920-х годах. Кондратьев выделил циклы экономического развития длительностью 40–60 лет, каждый из которых связан с внедрением новых технологий. Позже его идеи были развиты другими исследователями, такими как Йозеф Шумпетер, Карлота Перес, Сергей Глазьев и др.

Каждый технологический уклад для систематизации описывается по следующим критериям:

- технологическая база — набор технологий, которые определяют производство и экономику;
- энергетическая база — источники энергии, используемые в данный период;
- организация производства — способы управления и организации труда;
- социальные отношения — изменения в структуре общества, уровне жизни, образовании;
- инфраструктура — транспорт, связь, коммуникации.

Прошедшие технологические уклады

1. Первый технологический уклад (конец XVIII — начало XIX века):

- период: 1785–1830 годы;
- ключевые технологии: текстильные машины, паровой двигатель, железные дороги, угольная энергетика;
- энергетическая база: уголь;
- организация производства: мануфактуры, ранние фабрики;
- социальные изменения: урбанизация, рост промышленного рабочего класса;

- инфраструктура: развитие железных дорог, каналов.

2. Второй технологический уклад (середина XIX — начало XX века):

- период: 1830–1880 годы;
- ключевые технологии: сталелитейное производство, пароходы, телеграф, химическая промышленность;
- энергетическая база: уголь, начало использования нефти;
- организация производства: массовое производство, конвейер;
- социальные изменения: рост городов, формирование среднего класса;
- инфраструктура: развитие телеграфа, железных дорог, портов.

3. Третий технологический уклад (конец XIX — середина XX века):

- период: 1880–1930 годы;
- ключевые технологии: электричество, двигатель внутреннего сгорания, автомобили, радио, химические удобрения;
- энергетическая база: нефть, электричество;
- организация производства: конвейерное производство (фордизм);
- социальные изменения: массовое потребление, рост благосостояния;
- инфраструктура: электрические сети, автомобильные дороги.

4. Четвёртый технологический уклад (середина XX — конец XX века):

- период: 1930–1970 годы;
- ключевые технологии: электроника, компьютеры, авиация, ядерная энергетика, синтетические материалы;
- энергетическая база: нефть, газ, атомная энергия;
- организация производства: автоматизация, компьютеризация;
- социальные изменения: информационное общество, рост сферы услуг;
- инфраструктура: авиация, телевидение, компьютеры.

5. Пятый технологический уклад (конец XX — начало XXI века):

- период: 1970–2010 годы;
- ключевые технологии: микроэлектроника, интернет, биотехнологии, телекоммуникации;
- энергетическая база: нефть, газ, возобновляемые источники энергии;
- организация производства: глобализация, аутсорсинг, цифровизация;
- социальные изменения: информационное общество, рост мобильности;
- инфраструктура: интернет, спутниковая связь, мобильные сети.

Современный (шестой) технологический уклад

Шестой технологический уклад (начало XXI века — настоящее время):

- период: с 2010 года;
- ключевые технологии: нанотехнологии, искусственный интеллект, робототехника, интернет вещей (IoT), большие данные (Big Data), квантовые вычисления, биотехнологии, 3D печать;
- энергетическая база: возобновляемые источники энергии (солнечная, ветровая), водородная энергетика;
- организация производства: цифровые платформы, киберфизические системы, умные фабрики;
- социальные изменения: цифровая экономика, рост значения знаний и информации, изменение рынка труда;
- инфраструктура: покрытие 5G, облачные технологии, умные города.

Предложенная систематизация технологических укладов справедлива для развитых стран, однако временные рамки технологических укладов могут варьироваться в разных странах в пределах нескольких десятилетий. Данная систематизация достаточно точно

описывает научно-техническое и социальное развитие развитых стран. Теория технологических укладов позволяет понять, как научно-технический прогресс влияет на экономику и общество. Каждый уклад характеризуется своими уникальными технологиями, источниками энергии и социальными изменениями. Учитывая темп научно-технического прогресса, можно предположить, что в будущем нас ожидают ещё более радикальные трансформации, связанные с развитием искусственного интеллекта, квантовых технологий и освоением космоса.

Список литературы

1. Глазьев С.Ю. Теория длинных волн и технологические уклады // Экономика и математические методы. 2012. Т. 48. № 3. С. 3–27.
2. Яковец Ю.В. Эпохальные инновации XXI века. М.: Экономика, 2010. 432 с.

УДК 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДОБУЧЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, ОТЛИЧНЫХ ОТ ЦЕЛЕВОЙ

Мартынюк П.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
martynyuk.pa@bmstu.ru
Научный руководитель: Иванова Г.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В последние годы предобученные нейросетевые модели заняли центральное место в современных системах искусственного интеллекта благодаря своей способности формировать обобщенные представления данных, полученные в ходе предварительного обучения на масштабных корпусах. Такие представления обладают значительной степенью универсальности и могут быть эффективно использованы при решении задач, отличных от целевой, без необходимости обучения модели «с нуля». Тем не менее, практические прикладные задачи, как правило, существенно различаются по формулировке, структуре данных и предметной области, что обусловливает необходимость применения специализированных методов адаптации моделей. Данный аспект приобретает особую значимость в условиях ограниченного объема аннотированных данных, высокой стоимости обучения и требований к сокращению времени разработки и внедрения интеллектуальных решений.

Существует четыре основных подхода к адаптации предобученных моделей к новым задачам: выделение признаков (feature extraction), дообучение (fine-tuning), встраивание модулей-адаптеров (adapter modules) и обучение без примеров (zero-shot learning).

Выделение признаков предполагает использование предобученной модели как генератора представлений (эмбеддингов), которые затем могут быть использованы для решения различных задач, таких как классификация, кластеризация или извлечение информации. Этот метод отличается относительно низкими вычислительными затратами и высокой скоростью внедрения, однако он ограничен в гибкости и точности, особенно при решении задач, существенно отличающихся от исходной [1].

Дообучение предполагает полное или частичное обновление весов модели на новых данных. Данный метод требует значительных ресурсов и наличия размеченных данных для дообучения, но он способен обеспечить высокую адаптивность и качество работы модели. Дообучение широко применяется в профессиональных и научных задачах, где точность имеет критически важное значение [2].

Модули-адаптеры представляют собой специальные слои, добавляемые в структуру модели и обучаемые на новых данных при неизменных (“замороженных”) исходных весах.

Подобный подход позволяет сохранить исходную модель в неизменном состоянии и при этом эффективно адаптировать её к различным задачам с минимальными затратами памяти и вычислительных ресурсов, поскольку при обучении изменяться будут только веса модулей-адаптеров. Он получил особое развитие в трансформерных архитектурах и активно используется в мультидоменных приложениях [3].

Обучение без примеров основано на способности крупных моделей, таких как GPT, решать задачи без предварительной адаптации – исключительно за счёт обобщённых знаний. Данный подход крайне эффективен в условиях отсутствия обучающих данных, однако его применение ограничено задачами, хорошо формулируемыми в естественном языке и близкими к исходному домену модели.

Выбор метода адаптации должен определяться конкретной задачей, доступными ресурсами и требованиями к точности. Для быстрого прототипирования и малозатратных решений предпочтительны метод выделения признаков или подход к обучению без примеров. При наличии данных и необходимости обеспечения высокой точности работы модели – предпочтительнее дообучение. Модули-адаптеры являются разумным компромиссом для мультизадачных и многоязычных систем.

Таким образом, применение предобученных моделей и рациональный выбор подхода к их адаптации позволяет строить эффективные, масштабируемые и универсальные ИИ-системы в самых различных прикладных областях – от обработки естественного языка и компьютерного зрения до анализа медицинских и технических данных.

Список литературы

1. Yosinski J., Clune J., Bengio Y., Lipson H. How transferable are features in deep neural networks? // Advances in neural information processing systems. 2014. V. 27. Pp. 3320-3328. DOI: 10.48550/arXiv.1411.1792.
2. Dodge J., Ilharco G., Schwartz R., Farhadi A., Hajishirzi H., Smith N. Fine-tuning pretrained language models: Weight initializations, data orders, and early stopping // arXiv, 2020. URL: https://arxiv.org/abs/2002.06305 (Дата обращения 07.04.2025).
3. Houlsby N. et al. Parameter-efficient transfer learning for NLP // Proceedings of the International conference on machine learning (Long Beach, 09-15 Jun, 2019). PMLR. 2019. V. 97. Pp. 2790-2799.

УДК 519.246.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНФЛЯЦИИ

Михнюк И.О., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
ivanmih23@gmail.com
Научный руководитель: Минитаева А.М., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Прогнозирование инфляции играет ключевую роль в формировании эффективной денежно-кредитной политики, обеспечении финансовой стабильности и принятии инвестиционных решений. Однако точное предсказание инфляции сопряжено с рядом трудностей, включая непредсказуемость внешних шоков, ограниченность исторических данных и зависимость от множества макроэкономических факторов.

В работе рассматриваются как традиционные модели временных рядов, так и современные методы машинного обучения. Среди классических моделей были выбраны ARIMA и ARIMAX. ARIMA широко используется для краткосрочного прогнозирования, тогда как ARIMAX позволяет учитывать экзогенные переменные, что повышает точность

прогноза. Из методов машинного обучения в исследование включён алгоритм случайного леса (Random Forest), способный обрабатывать большие объёмы данных, но обладающий низкой интерпретируемостью [1]. Также исследована гибридная модель EMD-ARIMAX, сочетающая эмпирическую модовую декомпозицию (EMD) с ARIMAX, позволяя разложить сложный сигнал на более простые колебательные компоненты (IMFs) и остаток, отражающий долгосрочный тренд [2].

В качестве данных использованы показатели инфляции в России за период с 2005 по 2024 год, а также макроэкономические индикаторы, включая ВВП, инфляционные ожидания и процентные ставки. Модели были оценены с применением методологии Бокса-Дженкинса для оптимизации параметров ARIMA. Для проверки качества прогнозов использовалась стратегия пошаговой перекрестной проверки (walk-forward cross-validation), что позволило избежать утечки данных и смещения при обучении [3].

Результаты сравнительного анализа показали, что модель ARIMAX обеспечивает наилучшую точность прогноза среди всех рассмотренных, средняя абсолютная ошибка (MAE) составила *0.74*, среднеквадратичная ошибка (RMSE) *0.93*. Попытка улучшить результаты с помощью EMD-ARIMAX не привела к значимому повышению точности, что указывает на ограниченную пользу нелинейной декомпозиции в данном контексте, ошибка составила MAE *0.76*, RMSE *0.95*. Кроме того, модели машинного обучения, в частности Random Forest, показали худшую интерпретируемость и незначительные улучшения, требующие тщательной настройки и валидации, ошибка составила MAE *1.08*, RMSE *1.36*.

С практической точки зрения исследование подтверждает, что простые и интерпретируемые модели, учитывающие макроэкономические переменные, остаются наиболее надёжными инструментами для прогнозирования инфляции. Использование более сложных моделей требует дополнительных исследований и осторожного внедрения.

В качестве направлений для будущих исследований предлагается дальнейшее развитие методов декомпозиции временных рядов и поиск альтернативных подходов к регуляризации данных. Эти шаги могут способствовать повышению точности прогноза без чрезмерного усложнения модели и риска переобучения.

Список литературы

1. Medeiros M.C., Vasconcelos G., Veiga A., Zilberman L. Forecasting Inflation in a Data-Rich Environment: The Benefits of Machine Learning Methods // Journal of Business and Economic Statistics. 2019. V. 39. № 1. Pp. 98–119.
2. Awajan A., Ismail M.T., Alwadi S. A review on empirical mode decomposition in forecasting time series // Italian Journal of Pure and Applied Mathematics. 2019. V. 43. Pp. 301–323.
3. Bergmeir C., Benitez J. M. On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. // Information Sciences. 2012. V. 191. Pp. 192–213.

УДК 629.7.05

УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ КАБИНЫ САМОЛЁТА С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Оболенская Е.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
lenobolen@gmail.com
Научный руководитель: Данилюк С.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Авиационные «человеко-машинные системы» представляют собой, пожалуй, наиболее сложные и интересные системы, в которых взаимодействие человеческого и «искусственного интеллекта» проявляется в наибольшей степени. Кабина управления или, как её ещё называют

«кабинет принятия решений» — это рабочее место лётчика, который должен принимать боевое взаимодействие во всеоружии.

Интенсивное развитие технологий, появление глобальных систем дистанционного сбора, распределенного хранения, обработки и использования информации, проекты «интернет вещей», «разумная среда» создают технологические возможности реализации принципиально новых технологий обучения, существенно повышающих качество и эффективность систем подготовки лётчиков, ведь «Победа должна коваться на земле».

Поэтому наиболее разумным решением является перенести стендовую базу, включая натурные тренажеры, на территорию разработчиков авиационной техники, что и происходит в настоящее время. Подобный подход не только сэкономит время и стоимость летных испытаний, но и облегчит процесс модификации новой создающейся системы, так как вся необходимая документация будет в руках специалистов авиационного предприятия, разрабатывающего основной продукт деятельности.

Целью работы является разработка устройства сопряжения кабины самолета с вычислительным комплексом.

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

- сравнительный анализ стандартов передачи данных;
- проектирование и разработка электрических схем;
- подбор элементной базы;
- описание технологии разработки печатных плат.

В результате разработки был спроектированы и разработаны комплект электрических схем, схемы разводки печатных плат и был произведен подбор элементной базы для устройства сопряжения кабины самолёта с вычислительным комплексом.

В настоящее время наибольшее распространение получили такие стандарты передачи данных, как интерфейсы CAN, Profibus, Modbus, промышленный Ethernet, протокол DCON [1].

В результате анализа было выявлено, что доля Ethernet среди установленных промышленных сетей в 2000 году составляла 11%, в 2005 г. - уже 23%. В настоящее время рынок промышленного Ethernet растет со скоростью 51% в год, он стал промышленным стандартом, и имеется большой выбор оборудования, удовлетворяющего промышленным требованиям. Наиболее простым и наиболее распространенным в мире и России сетевым протоколом является Modbus, популярность которого объясняется простотой как для разработчиков, так и потребителей, а также низкой стоимостью реализации. Наиболее продуманным, универсальным и многообещающим протоколом является CAN, однако высокая стоимость и сложность мешают его быстрому распространению. Очень эффективным и широко применяемым протоколом является Profibus, однако его распространенность объясняется, в первую очередь, мощным брендом "Siemens". Широкую популярность в России имеет частнофирменный протокол DCON, что связано, в первую очередь, с низкой ценой на продукцию из Юго-Восточной Азии, а также с предельной простой протокола. Результат анализа показал, что наилучшим выбором будет использование протокола Ethernet, ввиду следующих преимуществ: самой высокой скорости, низкой стоимости, простоте обслуживания и администрирования, помехоустойчивости, что приводит к улучшению качества передачи данных.

Сигналы с датчиков кабины самолета передаются в устройство сопряжения, где обрабатываются, а также вырабатываются иные необходимые сигналы, в последствии передаются в вычислительный комплекс, где также происходит их обработка, и подаются уже обработанные в кабину маневренного самолёта или подаются сигналы непосредственно с устройства сопряжения в кабину маневренного самолета.

Принципиальная схема универсального модуля выполнена на основе микроконтроллера STM32, имеющего следующие преимущества: низкой стоимости, удобства

использования, высокой производительности, удобной отладки микроконтроллера, большого выбора сред разработки, взаимозаменяемости чипов [2].

Функциональная схема специализированного модуля спроектирована на основе четырех аналогово-цифровых преобразователей, подключенные к ним резистивных делителей, а также устройство сопряжения, которое вырабатывает ШИМ-сигналы для обеспечения подсвета приборов, светильников заливающего света и для управления механизмами триммерного эффекта, для чего на специализированном модуле находятся стабилизаторы на 3,3, 5 и 12 В, их выходной ток составляет 3 А.

Принципиальная схема специализированного модуля была спроектирована на основе сигма-дельта аналогово-цифрового преобразователя AD7190BRUZ-REEL – 24-разрядного, малошумящего, полностью аналогового интерфейса для высокоточных измерений. Питание на АЦП подаётся с помощью преобразования стабилизаторами, фиксированными на значениях 3,3 и 5 В, питания с кабины самолета (+27 В). Монолитные интегральные схемы серии LM2575 обеспечивают все активные функции понижающего регулятора напряжения. Эти регуляторы просты в использовании, поскольку требуют минимального количества внешних компонентов и включают внутреннюю частотную компенсацию и генератор фиксированной частоты [3]. Для выработки опорного напряжения (+9 В) был выбран регулируемый стабилизатор напряжения параллельного типа TL431. Для поднятия уровня ШИМ-сигналов были добавлены транзисторные каскады на базе BC847A и IRFR5505TRLPBF.

В ходе выполнения работы было создано принципиально новое устройство сопряжения органов управления кабины маневренного летательного аппарата с вычислительным комплексом, позволяющее принимать, обрабатывать и выдавать аналоговые и ШИМ-сигналы.

Список литературы

1. Виноградов Д. Промышленные шины и сетевые стандарты // Control Engineering Россия. Санкт-Петербург: Электроникс Паблишинг .2013. № 1. URL: https://rucont.ru/efd/303748 (Дата обращения 13.04.2025).
2. Datasheet - STM32F205xx STM32F207xx. URL: https://www.st.com/ resource/en/datasheet/cd00237391.pdf (Дата обращения 13.04.2025).
3. 21 BB105 LM2576 Apr05. URL: https://static.chipdip.ru/lib/229/ DOC027229085.pdf (Дата обращения 13.04.2025).

УДК 004.946

СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ДЛЯ МАШИННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФОВ

Оглоблин А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
ogloblinaa@student.bmstu.ru
Чугин И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
chuginia@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гуренко В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Графы как математическая модель находят широкое применение в различных областях науки и техники, что налагает высокие требования к их машинному представлению. Традиционно представление графов в программных и программно-аппаратных системах основывается на использовании специальных структур данных, каждая из который являет собой формальное описание множества вершин, ребер и отношений между ними. К числу наиболее известных способов хранения графов относятся матрицы смежности и матрицы инцидентности, а также списки смежности [1].

Одним из классических способов является представление в виде матрицы смежности – квадратной матрицы, имеющей порядок, равный порядку графа, в которой столбцы и строки соответствуют его вершинам. Каждая ячейка матрицы отображает наличие ребра между парой его концевых вершин. Для невзвешенных графов матрица является бинарной, для взвешенных графов в ячейке указывается вес соответствующего ребра.

Другим способом представления графа является матрица инцидентности – двумерная структура, в которой каждая строка ассоциируется с отдельной вершиной, а каждый столбец – с ребром. По значению в ячейке можно определить отношение между вершиной и ребром. Для неориентированных графов обычно используется представление, в котором «1» сигнализирует о том, что вершина инцидентна ребру, а значение «0» свидетельствует об отсутствии связи между ними. Для ориентированного графа «1» является признаком начала дуги, а «-1» – признаком конца.

Представление графов посредством списка смежности базируется на принципе установления соответствия между вершиной и множеством вершин, с которыми она непосредственно связана.

Выбор способа машинного представления графа во многом определяется классом решаемых на графе задач. Далее рассмотрены задачи, связанные с обходом графов и поиском деревьев в них, а также дан сравнительный анализ применимости различных машинных представлений графов.

Обход графа – это некоторое перечисление его вершин или ребер с целью поиска необходимой информации [2]. Различают два основных алгоритмических способа обхода графа: поиск в глубину и в ширину. Важной особенностью этих алгоритмов является то, что каждая вершина графа должна быть посещена ровно один раз. При реализации обхода графа выбор структуры данных играет решающую роль для оптимизации вычислительной сложности. Использование матрицы смежности требует проверки всех элементов строки при обходе, что приводит к вычислительной сложности $O(n^2)$, где n – порядок графа. Применение списка смежности позволяет существенно снизить временную сложность до O(n + v), где v – число ребер графа, так как алгоритм перебирает только те элементы, которые соответствуют существующим ребрам. Использование матрицы инцидентности для обхода графа является нецелесообразным ввиду того, что для каждой вершины необходимо определить инцидентные ей ребра, после чего искать вторую вершину, инцидентную данному ребру.

Широкое распространение имеют задачи поиска деревьев в графе. Деревом называют не содержащий циклов граф. Одной из задач, которая имеет практическое применение, является задача поиска в графе остовного дерева. Для её решения применяются, например, алгоритмы Краскала и Прима [3]. Оба алгоритма основаны на анализе весов рёбер, выборе наименьшего или наибольшего по весу ребра и постепенном добавлении выбранных ребер и инцидентных им вершин в остов. Данная задача сводится к формированию новой графовой структуры из имеющийся. Из формулировки о поиске минимального или максимального ребра делается вывод о необходимости упорядочивания элементов. Использование структуры матрицы инцидентности не подходит для данной задачи, потому что не предполагает хранение весов рёбер. Применение этих алгоритмов на матрице смежности не является целесообразным, так как элементы матрицы жестко связаны с индексами и, следовательно, не поддаются упорядочиванию. При использовании матрицы смежности сложность поиска ребра на каждом шаге алгоритма будет $O(n^2)$. Использование матрицы смежности для хранения остовного дерева также нецелесообразно, так как оно характеризуется минимальным количеством рёбер для сохранения связности графа. Для решения данной задачи допустимо использовать структуру данных в виде списка смежности. Процедуру упорядочивания рёбер провести также не удастся, но в данном случае сложность поиска ребра на каждом шаге алгоритма будет O(n + v). Использование дополнительных структур данных позволяет улучшить показатель вычислительной сложности алгоритма. Например, применение массива рёбер увеличит

сложность по памяти на O(v), но позволит упорядочить массив в начале алгоритма и снизить сложность поиска ребра на каждом шаге до O(v).

Список литературы

1. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973. 300 с.
2. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов: учебник для вузов. / 3-е изд. СПб.: Питер, 2009. 384 с.
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 429 с.

УДК 004.032.26

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ АРХИТЕКТУРЫ LSTM ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

Пешков Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
dmytrypeshkov@mail.ru
Научный руководитель: Бычков Б.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Изучение солнечных вспышек является важным направлением в исследовании солнечной активности и её воздействия на Землю. Солнечные вспышки представляют собой мощные выбросы энергии и заряженных частиц, которые могут оказывать значительное влияние на земную магнитосферу, атмосферу и технологические системы. Прогнозирование солнечных вспышек имеет первостепенное значение для обеспечения безопасности и устойчивости современных технологий, таких как спутниковая связь, навигационные системы и электроэнергетическая инфраструктура. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки более точных моделей прогнозирования солнечных вспышек, что позволит минимизировать негативные последствия этих явлений для человечества и повысить готовность к возможным геокосмическим воздействиям.

Основной целью настоящего исследования является оценка возможности прогнозирования солнечных вспышек с использованием нейронных сетей архитектуры LSTM. В рамках исследования был проведён анализ эффективности обработки временных рядов данных солнечной активности и прогнозирования вероятности возникновения солнечных вспышек на основе исторических данных. Полученные результаты позволят повысить точность прогнозирования и снизить риски, связанные с солнечными вспышками, что имеет важное значение для обеспечения устойчивости современных технологий.

LSTM (*Long short-term memory*, длинная цепь элементов краткосрочной памяти) — тип рекуррентной нейронной сети, способный эффективно обрабатывать последовательности данных и сохранять информацию на длительное время. Благодаря этой особенности можно обрабатывать долгосрочные зависимости и избегать проблемы затухающего градиента.

Важными работами в данной области являются исследования, посвященные применению LSTM для анализа временных рядов в различных научных задачах. Например, работа «*Prediction of financial time series using LSTM and data denoising methods*» (2021) продемонстрировала высокую способность LSTM к прогнозированию финансовых временных рядов. Также работа «*Исследование LSTM-нейросетевого подхода при моделировании временных рядов*» (2023) показала, что LSTM эффективно справляются с задачей прогнозирования экономического временного ряда, обеспечивая значительное улучшение точности предсказаний по сравнению с традиционными методами.

В качестве исходных данных для проведения исследования был использован набор Space-weather HMI Active Region Patches (SHARP), который был разработан командой SDO/HMI и опубликован в конце 2012 года [1]. Данные этого набора содержат автоматически

идентифицированные и отслеживаемые активные регионы на картах и предоставляют множество временных рядов физических параметров, подходящих для прогнозирования вспышек. Схожий подход представлен в работе [2], однако в ней используется другой подход — авторы работы классифицируют вспышку по собственному алгоритму, а не прогнозируют численное значение интенсивности. В рамках настоящего анализа исходные данные были агрегированы по интервалам длительностью 2 часа для прогнозирования на временные отрезки с аналогичной периодичностью.

Для выполнения требуемой задачи было принято решение использовать трансферное обучение — метод, который позволяет использовать знания, полученные из предобученной модели, для решения новой задачи [3].

В роли предобученной модели будет выступать нейронная сеть, использующая рекуррентные слои для обработки исходных данных. Ключевой задачей данной модели является выявление временных зависимостей на основе физических параметров. Однако эта модель не подойдет для прогнозирования солнечных вспышек в будущем, так как данные физические параметры заранее неизвестны. Поэтому вторая модель использует выявленные временные зависимости для прогнозирования интенсивности солнечной вспышки по одному входному параметру — времени, для которого требуется спрогнозировать интенсивность.

Для обучения исходные данные были разделены на обучающую выборку, валидационную выборку и тестовую выборку, что позволило оценить производительность модели на независимом наборе данных.

В результате проведенного исследования были получены следующие показатели: точность (*precision*) составила 0,80, полнота (*recall*) — 0,85, а значение F1 — 0,83. Эти результаты свидетельствуют о высоком уровне эффективности обученной модели в прогнозировании солнечных вспышек. Точность отражает долю правильно предсказанных событий среди всех предсказаний, в то время как полнота демонстрирует способность модели выявлять все истинные положительные случаи. Значение F1, являющееся гармоническим средним между точностью и полнотой, подтверждает сбалансированность модели в отношении этих двух метрик.

В качестве темы дальнейших исследований авторы рассматривают анализ влияния каждого из физических параметров на солнечную активность и усовершенствование алгоритмов обучения и архитектуры модели, используемой для прогнозирования солнечных вспышек.

Список литературы

1. Liu H., Liu C., Wang J.T.L., Wang H. Predicting solar flares using a long short-term memory network // The Astrophysical Journal. 2019. №877 (2). DOI: 10.3847/1538-4357/ab1b3cLiu.
2. Bobra M.G., Sun X., Hoeksema J.T. et al. The helioseismic and magnetic imager (HMI) vector magnetic field pipeline: SHARPs – space-weather HMI active region patches // Solar Physics. 2014. № 289. Pp. 3549–3578. DOI: 10.1007/s11207-014-0529-3/.
3. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / перевод с английского А. А. Слинкина. 2-е изд. Москва: ДМК Пресс, 2018. 652 с.

УДК 004.891.2

ПРИМЕНЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ LLM ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Цаплин С.Т., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
serjio.tsa@yandex.ru
Научный руководитель: Березкин Д.В.., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
berezkind@bmstu.ru

В современных условиях прогнозирование временных рядов становится ключевым инструментом для принятия обоснованных решений в различных сферах деятельности. Особое внимание уделяется применению больших языковых моделей (LLM) для решения задач прогнозирования.

Прогнозирование позволяет компаниям и государству разрабатывать эффективные стратегии развития, оптимизировать распределение ресурсов и планировать образовательные программы. Рынок труда динамичен, и важно адаптироваться к новым тенденциям и профессиям. Прогнозы служат основой для принятия обоснованных инвестиционных решений и позволяют оценивать потенциальную отдачу от вложений в развитие человеческого капитала[1].

Основная задача исследования заключалась в прогнозировании конкурса абитуриентов на специальности на несколько лет вперед при малом числе точек отсчета. Методология проведения эксперимента включала формирование датасета и prompt-engineering[2].

Исследование включает следующие этапы:

- Формирование датасета:
- Сбор данных
- Кластеризация
- Группировка по годам
- Разработка промптов
- Прогнозирование
- Расчет ошибки прогнозирования[3]

Результаты тестирования различных моделей представлены в таблице:

Модель	ИТ-специальности	Ядерные технологии
GigaChat	0.11	0.17
GigaChat+prompt	0.28	0.06
YandexGPT	0.28	0.13
YandexGPT+prompt	0.30	0.19
ChatGPT	0.25	0.60
ChatGPT+prompt	0.30	0.02

LLM показали большой потенциал для предсказания коротких временных рядов. Однако стоит учесть, что усложнение промпта не всегда ведет к улучшению качества прогноза.

Список литературы

1. Кашепов А.В. Прогнозирование конъюнктуры рынка труда в условиях современных институциональных реформ // Социально-трудовые исследования. 2024. URL: https://vcot.info/blog/prognozirovanie-kon-unktury-rynka-truda-v-usloviah-sovremennyh-institucional-nyh-reform (Дата обращения 05.05.2025).

2. Прогнозирование временных рядов // Центральный университет. 2024. URL: https://centraluniversity.ru/courses/forecasting (Дата обращения 05.05.2025).
3. Лобачевский С. Прогнозирование временных рядов: анализ и применение методов машинного обучения // Nerdit. 2024. URL: https://nerdit.ru/time-series-modeling-techniques/ (Дата обращения 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 004.932.2:004.032.26:634.1

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗРЕЛЫХ ПЛОДОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЕРЕВЬЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Авдейкина В.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
avdeykinavp@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кивва К.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

К актуальным проблемам садоводства относятся следующие: 1) растущая нехватка рабочей силы в сельском хозяйстве; 2) высокая стоимость сезонных работников в периоды весны, лета; 3) необходимость развивать местное производство по причине сокращения экспорта плодов в Российскую Федерацию, начиная с 2021 года; 4) потеря до 50% урожая при ручном подсчете и сборе зрелых плодов [1]. Таким образом, целесообразно автоматизировать процесс обнаружения зрелых плодов и разработать метод определения количества зрелых плодов на изображениях деревьев с использованием нейронных сетей.

Плод — это орган размножения покрытосеменных растений, служащий для защиты и распространения семян. Зрелость плода — этап развития плода, на котором он представляет для человека наибольшую ценность (например, употребляется в пищу). Критерии зрелости плода зависят от растения и включают в себя цвет, размер, форму, удельный вес, кислотность, общее количество сухих растворимых веществ. Поскольку поставленная задача связана с изображениями, целесообразно рассматривать только первые три критерия (цвет, размер, форма). Основными экспортными плодами местного производства в РФ стали являться яблоки (на 2021 год), поэтому за основу взяты признаки зрелости яблок: желтый/красный/зеленый цвет, диаметр 5–13 см, шарообразная форма.

Задача определения количества плодов на изображениях деревьев сводится к задаче обнаружения. Обнаружение объектов — процесс, в рамках которого выполняется определение наличия или отсутствия объектов некоторых классов на изображении, получение информации об их положении и классификация этих объектов при условии, что их количество неизвестно. Классификация объекта — определение принадлежности объекта к одному из определенных классов. Выделены три класса: зрелый плод, незрелый плод, перезрелый плод. Формальная постановка задачи заключается в применении разрабатываемого метода к изображению плодового дерева с целью получения набора рамок и количества зрелых плодов. Имеется два вида методов решения задачи обнаружения объектов: одноэтапные, двухэтапные. Для решения задачи обнаружения плодов подходящими являются методы YOLO («You Only Look Once»), SSD («Single Shot Multibox Detector»), Faster R-CNN (Regional and Convolutional Neural Networks).

Алгоритм YOLO заключается в следующих шагах: 1) разделение входного изображения на равностороннюю сетку; 2) предсказание в каждой ячейке сетки ограничивающих рамок и принадлежности объекта какому-либо классу; 3) получение результатов на основе шага 2 с использованием подавления немаксимумов.

В рамках алгоритма SSD выполняется получение якорных ограничивающих рамок и увеличение масштаба рассматриваемых рамок путем уменьшения размера свертки и детектирование объектов для каждой рамки при разных масштабах.

Алгоритм Faster R-CNN состоит из пяти шагов: 1) получение карты признаков с помощью сверточной нейронной сети; 2) генерация прогнозов регионов при помощи региональной нейронной сети; 3) формирование уточненной карты признаков; 4) уточнение

границ регионов с помощью регрессионной модели; 5) классификация объектов SVM-классификатором.

Авторы [2, 3] провели исследования описанных выше методов, из семейства YOLO исследован YOLOv3. В ходе первого исследования выполнялось обнаружение плодов ананаса, а в ходе второго — манго. Для оценки результатов выделены следующие критерии: 1) средняя точность; 2) среднее гармоническое точности и отклика модели; 3) среднее время работы метода. Наихудшие результаты по затраченному времени и по точности показал YOLOv3. Несмотря на наивысшую точность SSD в обоих случаях, время его работы примерно в два раза больше (46 мс), чем у Faster R-CNN (20 мс), то есть последний обладает наилучшим балансом между затрачиваемым временем и точностью.

Таким образом, предлагается реализовать метод определения количества зрелых фруктов на основе метода Faster R-CNN, что может способствовать повышению качества производства плодов в РФ и сокращению затрат на него.

Список литературы

1. Кузнецова А.А. Условия эффективности роботизированного сбора урожая плодовых культур // Известия ВУЗов ЭФиУП. 2020. № 2 (44). С. 24–30.
2. Koirala A., Walsh K.B., Wang Z., McCarthy C. Deep learning for real-time fruit detection and orchard fruit load estimation: benchmarking of «MangoYOLO» // Precision Agriculture. 2019. № 20 (6). Pp. 1107–1135.
3. Liu T.-H., Nie X.-N., Wu, J.-M., Zhang D., Liu W., Cheng Y.-F., Zheng Y., Qiu J., Qi L. Pineapple (Ananas comosus) fruit detection and localization in natural environment based on binocular stereo vision and improved YOLOv3 model // Precision Agriculture. 2023. № 24 (6). Pp. 139–160.

УДК 004.42

КООРДИНАЦИЯ АГЕНТОВ В ИГРОВОЙ СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Дремин К.А., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
dreminka@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Москвичев Н.В., ст. преподаватель
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В видеоигровых приложениях такой игровой элемент, как системы безопасности, играют ключевую роль в создании ситуации соперничества между игроком и игровым окружением, обеспечивая динамичный и увлекательный игровой процесс. Изначально такие системы получили развитие в жанре стелс-игр, где игроку необходимо незаметно передвигаться, избегая обнаружения противниками. Примеры включают серию «Metal Gear» и «Splinter Cell», где поведение противников управляется сложными алгоритмами искусственного интеллекта, позволяющими им реагировать на действия игрока, патрулировать зоны и взаимодействовать друг с другом [1]. Со временем элементы искусственного интеллекта, отвечающие за поведение охранников и систему патрулирования, стали широко использоваться и в других жанрах. В шутерах от первого лица, таких как «Half-Life» и «Far Cry», противники демонстрируют координированные атаки и тактическое взаимодействие, что повышает реалистичность сражений.

Несмотря на активное развитие подобных систем, многие современные подходы к управлению неигровыми персонажами (агентами) продолжают основываться на статических маршрутах или предопределенных сценариях, что ограничивает способность агентов адаптироваться к изменяющейся среде. Это снижает вариативность игровых ситуаций и непредсказуемость поведения искусственного интеллекта, что в конечном итоге негативно

сказывается на реализме игрового процесса. В связи с этим актуальной задачей является разработка метода управления движением агентов, обеспечивающего их способность эффективно реагировать как на прямые, так и на косвенные угрозы, а также координировать свои действия в пространстве, исходя из текущего состояния среды.

Предлагаемый метод управления агентами основан на представлении игрового пространства в виде геометрического графа $G=(V,E)$, где вершины из множества V соответствуют областям пространства, доступным для перемещения агентов, а рёбра из множества E определяют возможные переходы между ними [2]. Для учета динамических угроз на вершинах графа вводится метрика опасности $U(v,t)$, изменяющаяся во времени в зависимости от присутствия игрока, следов его активности (например, перемещенных объектов или разрушенных элементов окружения) и частоты посещаемости данной области агентами. Использование такой метрики позволяет распределять между агентами зоны для патрулирования, учитывая в планировании маршрутов состояние среды.

Дополнительно для управления непосредственно перемещением агентов вводится потенциальное поле [3], формируемое на основе метрики опасности и ряда дополнительных факторов. Агенты движутся в сторону минимального значения потенциала, что позволяет им избегать столкновений и реагировать на изменения среды. В частности, создаваемый при движении отталкивающий потенциал позади агента предотвращает резкие развороты и обеспечивает стабильность их движения.

Предлагаемый подход также учитывает взаимодействие агентов с игроком-оппонентом. При попадании игрока в зону видимости агента формируется притягивающий потенциал, что позволяет реализовать механики преследования и активного реагирования. Взаимодействие между самими агентами приводит к образованию отталкивающего потенциала, предотвращая их чрезмерную скученность. Таким образом, использование потенциальных полей обеспечивает более естественное распределение агентов в пространстве без необходимости сложного предварительного расчета маршрутов.

Комбинация высокоуровневого управления группой агентов через метрику опасности и низкоуровневого контроля перемещения посредством потенциальных полей позволяет добиться реалистичного распределения задач и адаптивного поведения агентов. Предложенный метод обеспечивает реалистичную координацию действий агентов и позволяет реагировать на изменения игровой среды, что делает его перспективным для применения в видеоигровых приложениях, требующих динамических систем безопасности.

Список литературы

1. Дудушкин Д. Как устроен ИИ в стелс-играх – на примере Splinter Cell: Blacklist // School XYZ. URL: https://www.school-xyz.com/blog/kak-ustroen-ii-v-stels-igrah--na-primere-splinter-cell-blacklist (Дата обращения 29.03.2025).

2. Al Enezi W., Verbrugge C. Skeleton-based multi-agent opponent search // Proc. IEEE Conference on Games (Copenhagen, Aug. 17–20, 2021). Piscataway: IEEE, 2021. DOI: 10.1109/CoG52621.2021.9619054.

3. Silveira R., Fischer L., Ferreira J., Prestes E., Nedel L. Path-planning for RTS games based on potential fields // Proc. Third International Conference «Motion in Games» (Utrecht, Nov. 14–16, 2010). Cham: Springer, 2010. Pp. 410–421. DOI: 10.1007/978-3-642-16958-8_38.

УДК 004.932

О МЕТОДЕ ФРАКТАЛЬНОГО СЖАТИЯ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕШАННОЙ СХЕМЫ РАЗБИЕНИЯ НА БЛОКИ

Дубовицкая О.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
dubovitskayaon@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Быстрицкая А.Ю., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Цветные изображения как тип данных очень требовательны с точки зрения занимаемой памяти. Фрактальное сжатие позволяет получить высокую степень сжатия при сохранении качества, близкого к оригинальному, и представить сложные, детализированные изображения с помощью меньшего количества данных.

Сжатие цветных изображений предполагает работу с каждым из трёх каналов изображения отдельно. Предлагается перевести изображение из цветовой модели RGB в YCbCr. При этом высокие показатели сжатия будут достигаться за счёт потерь в цвете, тогда как информацию о яркости следует стремиться сохранить в объёме, максимально близком к исходному. Каналы цветного изображения будем обрабатывать параллельно, чтобы уменьшить время сжатия. При сжатии яркостной компоненты Y используется смешанная схема разбиения на блоки [1], превосходящая другие по гибкости стратегии разбиения и по качеству обработки контуров объектов. Реализация фрактального сжатия Y-канала состоит из трёх этапов: построение множеств доменных блоков (ДБ), построение множеств ранговых блоков (РБ), кодирование РБ. Построение доменного и рангового разбиений проводится параллельно.

После построения доменного разбиения получаем kd-деревья для каждого из классов блоков доменного пула (ДП), который состоит из множества квадратных блоков фиксированного размера и множества блоков в форме прямоугольных треугольников — треугольных областей над/под главной диагональю и над/под побочной диагональю соответствующих квадратов. Для получения более объёмного ДП к каждому из квадратных блоков применялся ограниченный набор аффинных преобразований (повороты на 90°, 180° и 270°, отражения относительно осей Ox и Oy и их комбинации). Разбиение на домены проводится с шагом, равным половине стороны блока. Разбиение на классы реализуется методом на основе «центров масс», после чего на основании векторов признаков по Саупе для каждого класса строится kd-дерево [2]. Предполагается, что вектор признаков получен из блока как его последовательно записанные пиксели.

Для построения рангового разбиения необходимо произвести предобработку компоненты Y: повысить её резкость и выделить границы объектов. Обе операции используют ядра свёртки размером 3×3. Для выявления контуров используется оператор Собеля [3]. Треугольное ранговое разбиение на начальном этапе представляет собой триангуляцию Делоне. Она строится на точках из множества граничных точек объектов. В список точек, на основе которых в дальнейшем строится триангуляция Делоне, добавляются только те из них, которые соответствуют двум требованиям: 1) цвет пикселя для этой точки превышает заданное пороговое значение *color_thr*; 2) добавляемая точка расположена не ближе заданного порогового значения *dist_thr* по отношению к точкам, уже содержащимся в списке. В полученный список следует также добавить угловые точки изображения и точки, лежащие на его границах, если они в нём ещё не содержатся. Для устранения избыточности треугольного рангового разбиения и получения четырёхугольных РБ выполняется объединение однородных треугольников, имеющих общую сторону, в выпуклые четырёхугольники.

Для компоненты Y этап кодирования очередного РБ в разбиении включает четыре шага: 1) преобразование РБ в блок размера доменного с помощью вычисления матрицы преобразования (МП, проективное для четырёхугольников, аффинное для треугольников); 2)

определение класса преобразованного РБ и вычисление его вектора признаков; 3) вычисление на основе полученного на шаге 2 вектора признаков упорядоченного поднабора k ближайших соседей (или нахождение одного, самого близкого) в kd-дереве соответствующего класса ДБ; 4) нахождение наилучших значений контраста и яркости для преобразованного РБ и его лучшего соответствия, полученного на шаге 3.

В результате кодирования для каждого РБ в разбиении будет запомнена информация: 1) идентификатор квадратного ДБ, поставленного в соответствие текущему РБ; 2) идентификатор применённого к домену аффинного преобразования; 3) идентификатор выбранного ДБ в форме прямоугольного треугольника (запоминается только для треугольных РБ); 4) наилучшее значение контрастности; 5) наилучшее значение яркости; 6) координаты вершин текущего РБ.

Для сжатия цветовых компонент Cb и Cr предлагается сначала провести субдискретизацию цвета с использованием модифицированного соотношения 4:2:0, при котором каждая из компонент разбивается на области 2×2 пикселя, каждый пиксель которой заполняется средним арифметическим значений пикселей в ней. Для обеспечения наибольшей степени сжатия в качестве схемы разбиения на РБ следует использовать только разбиение на квадратные блоки фиксированного размера. В этих же целях ДП будет содержать только квадратные неперекрывающиеся блоки, а при нахождении наилучшего соответствия между РБ и ДБ предлагается использовать ограниченный набор аффинных преобразований вместо вычисления соответствующей МП.

Для яркостной компоненты предложенный метод фрактального сжатия цветных изображений эффективно устраняет блочный эффект, возникающий при использовании других схем разбиения. В отношении цветовых компонент данный подход обеспечивает высокую степень сжатия. Параллельность вычислений при обработке каналов изображения и при построении разбиений на блоки способствует ускорению сжатия.

Список литературы

1. Davoine F., Svensson J., Chassery J.-M. A mixed triangular and quadrilateral partition for fractal image coding // Proc. IEEE International Conference on Image Processing (Washington, Oct. 23–26, 1995). Piscataway: IEEE, 1995. Pp. 284–287. DOI: 10.1109/ICIP.1995.537633.
2. Polvere M., Nappi M. Speed-up in fractal coding: Comparison of methods / IEEE Transactions on Image Processing. 2000. № 9 (6). Pp. 1002–1009. DOI: 10.1109/83.846243.
3. Tian R., Sun G., Liu X., Zheng B. Sobel edge detection based on weighted nuclear norm minimization image denoising // Electronics. 2021. № 10 (6). DOI: 10.3390/electronics10060655.

УДК 004.771

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО КОМПОНЕНТ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЙ РЕЖИМ RAIL НА СЕРВЕРЕ, ЧЕРЕЗ РАСШИРЕНИЕ ПРОТОКОЛА RDP, ДЛЯ ОС С ПОДДЕРЖКОЙ ОКОННОЙ СИСТЕМЫ X WINDOW SYSTEM

Конкина А.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
konkinaan@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кивва К.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Протокол удаленного рабочего стола (*англ.* RDP) — один из основных протоколов, используемых при разработке решений, связанных с виртуализацией рабочих мест, и позволяет пользователям взаимодействовать с графическими интерфейсами приложений, запущенных на удаленном компьютере. RDP разрабатывается корпорацией Miscrosoft, которая

публикует спецификацию по каждому его расширению. В 2013 году была опубликована спецификация, описывающая расширение протокола RDP, позволяющее реализовать бесшовный режим взаимодействия с графическими интерфейсами удаленных приложений (*англ.* RAIL). Данное расширение решает проблемы, присущие RDP, а именно: невозможность ограничения использования клиентом виртуальной машины только конкретными приложениями; невозможность удаленной работы с приложениями, в которых отсутствует функциональность, позволяющая удаленный доступ, без несанкционированного доступа к прочим приложениям; объем передаваемой по сети информации зависит от размера дисплея, а не от конкретного окна приложения. Согласно спецификации расширения [1], будучи запущенным на пользовательской машине, клиент создает окно на каждое окно, создаваемое на сервере. Эти окна имитируют внешний вид окон, создаваемых удаленными приложениями, работающими на сервере RAIL. Можно сказать, что реализация данного расширения обязана содержать компонент, обеспечивающий взаимодействие с оконной системой операционной системы (ОС).

С 1 января 2025 г. органам государственной власти Российской Федерации запрещено использовать иностранное ПО на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры, а среди наиболее популярных российских ОС три (Astra Linux, Основа, РОСА) используют по умолчанию оконные менеджеры, работающее «поверх» оконной системы X Window System [2]. Таким образом, возникает потребность в анализе и применении существующих решении поддержки RAIL на сервере через расширение RDP для ОС, поддерживающих оконную систему X Window System.

На основании спецификации RAIL [1] можно сделать вывод, что разрабатываемый компонент программно-алгоритмического комплекса, реализующего сервер, взаимодействующий с клиентом по протоколу RDP, обязан отвечать следующим функциональным требованиям: 1) возможность запуска приложения на сервере; 2) возможность получения изменений окна; 3) возможность получении информации о появлении новых окон, связанных с ранее запущенным приложением (например, диалоговые окна); 4) возможность изменения размера окна приложения, сворачивания окна, максимизации окна, отмены максимизации окна, фиксации окна на заданной половине экрана; 5) возможность запуска нескольких приложений в рамках одного RDP соединения; 6) поддержка работы нескольких соединений на одном сервере; 7) воспроизведение действий пользователя с таких устройств ввода как мышь и клавиатура; 8) поддержка изменения параметров дисплеев, добавление, удаление дисплеев. Ни одна из двух известных реализаций сервера протокола RDP, поддерживающих оконную систему X Window System, FreeRDP и XRDP, не соответствует полностью указанным требованиям.

Оконная система позволяет нескольким процессам иметь совместный доступ к устройствам ввода/вывода (УВВ) [3]. X.org сервер — это процесс, который контролирует и мультиплексирует доступ других процессов (клиентов) к УВВ. Для взаимодействия между клиентами и сервером определяется протокол X [3]. X.org сервер работает с буфером кадра. Сервер не отслеживает то, что было отрисовано на дисплее. Однако существуют расширения XComposite и XDamage протокола X, позволяющие получить доступ к пиксельному содержимому иерархии окон, а также фиксировать, какие именно регионы были изменены. Для воспроизведения ввода с клавиатуры и мыши существует расширение протокола XTEST. Однако если на одном сервере RDP запущено соединение с несколькими клиентами, то при каждом взаимодействии серверу X.org придется отслеживать изменения среди всех окон всех клиентов. Предлагается ускорить этот процесс за счет создания нескольких независимых X.org серверов. Для этого предлагается создавать виртуальные дисплеи, которые не связаны с физическими устройствами вывода. Виртуальные дисплеи можно создавать с помощью серверов Xephyr, Xvfb.

В результате предлагается реализовать расширение RAIL для серверной части протокола RDP с полноценной поддержкой X Window System, что может быть востребовано

не только в современных российских реалиях, но и в более широком контексте в силу отсутствия подобных решений на данный момент.

Список литературы

1. Remote Desktop Protocol: Remote Programs Virtual Channel Extension. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/openspecs/windows_protocols/ms-rdperp/83275957-2d0e-4c52-88d1-1b4c998c6bec (Дата обращения 13.04.2025).
2. Рейтинг российских операционных систем. 2024. URL: https://market.cnews.ru/news/top/2024-03-26_marketcnews_opublikoval_rejting (Дата обращения 06.04.2025).
3. X Window System Concepts. URL: https://www.x.org/wiki/guide/concepts/ (Дата обращения 13.04.2025).

УДК 004.62

ОБ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ КРАУДСОРСИНГА

Пац И.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
patsin@student.bmstu.ru
Разин А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
razinav@student.bmstu.ru
Рыжкин А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
alesha_r_2003@mail.ru
Шубенина Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
shubenina03@mail.ru
Научный руководитель: Волкова Л.Л., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Во многих задачах информационных технологий нужны качественные данные, созданные или размеченные экспертами или респондентами. Такие данные необходимо собирать и размечать данные с привлечением респондентов, или методом краудсорсинга.

В компьютерной лингвистике возможно использование корпусов для следующих задач: разработка параллельных корпусов для целей изучения иностранного языка на продвинутом уровне, для машинного перевода и локализации программного обеспечения; вывод на естественном языке; определение семантической близости текстов; установление отношений логического следования и противоречий; оценка тональности текстов; сбор данных для разрешения неоднозначностей при морфологическом анализе слов. Так, для последней задачи проектом OpenCorpora собран один из самых известных русскоязычных корпусов, где каждый экземпляр данных подлежал независимой разметке различными участниками [1]; на основе полученных корпусных данных разработана библиотека морфологического анализа PyMorphy2. Что же касается определения тональности и смысловой схожести текстов, оценки могут быть субъективными, что акцентирует важность получения оценок именно у респондентов, и дальнейшей агрегации собранных данных. Известные крупные корпуса русскоязычных текстов и их метаданных для лингвистических исследований: НКРЯ, ГИКРЯ, RusVectōrēs, SynTagRus, CoSyCo.

В области человеко-машинного взаимодействия (ЧМВ) ключевая задача — повышение качества интерфейсов программ; это предмет дисциплины UX/UI (англ. user experience, user interface — пользовательский интерфейс, пользовательский опыт). Также актуальна задача

упрощения интерфейсов ЧМВ за счет использования более естественных для человека методов коммуникации, например, в развлекательных программах, роботах-экскурсоводах и роботах-собеседниках реализуют мультимодальную коммуникацию, задействуя различные каналы коммуникации: речь, мимику, жесты. Так, корпус REC [2] содержит видеозаписи поведения людей для разработки на их основе элементов коммуникативного поведения для роботов-собеседников. Созданные элементы поведения подлежат оценке их качества по ряду критериев с привлечением респондентов.

Краудсорсинг применим и в задачах разработки ПО: статический анализ программного кода позволяет выделить информационные зависимости, определяющие возможность или невозможность параллельного выполнения блоков кода, с целью распараллеливания программ для повышения их производительности. При этом программисты зачастую решают однотипные задачи, и найденные типовые решения возможно применять повторно. Так, результаты анализа и обсуждения подходов к распараллеливанию для специфичных задач и алгоритмов есть на ресурсе parallel.ru. Отдельный интерес представляет структурирование этих данных в виде корпуса.

Зачастую один экземпляр данных подлежит независимой разметке несколькими участниками разметки, что требует постобработки собранных данных. Единого подхода к агрегации данных не существует, и это затрудняет анализ и интерпретацию собранных корпусов данных. Вычисляют показатели согласия между участниками разметки (IAA) — меры согласованности мнений участников разметки, работавших над одной и той же задачей и набором данных. Существующие показатели: наблюдаемое согласие, показатели на основе учета вероятности случайного выбора ответа, показатели оценивания MUC и новейшие показатели IAA, позволяющие выполнять оценку для незавершенной разметки и для разметки с открытым множеством вариантов ответа [3].

Описана предметная область краудсорсинга в информационных технологиях. Рассмотрено применение краудсорсинга в человеко-машинном взаимодействии, компьютерной лингвистике, разработке программного кода. Описана задача агрегации краудсорсинг разметки, включающая расчет показателей согласия между респондентами.

Список литературы

1. Bocharov V.V., Alexeeva S.V., Granovsky D.V., Protopopova E.V., Stepanova M.E., Surikov A.V. Crowdsourcing morphological annotation // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proc. Annual International Conference «Dialogue» (Bekasovo, May 29 – June 2, 2013). Moscow: RSUH. 2013. V. 1. Pp. 109–115.

2. Зинина А.А., Аринкин Н.А., Зайдельман Л.Я., Котов А.А. Разработка модели коммуникативного поведения робота Ф-2 на основе мультимодального корпуса «REC» // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной международной конференции «Диалог» (Москва, 30 мая — 2 июня 2018 г.). 2018. В. 17 (24). С. 831–844.

3. Volkova L., Bocharov V. An approach to inter-annotator agreement evaluation for the named entities annotation task at OpenCorpora / Ustalov D., Filchenkov A., Pivovarova L. (editors) // Proc. 8th conference «Artificial Intelligence and Natural Language» (Tartu, Nov. 20–22, 2019). Communications in Computer and Information Science. V. 1119. Cham: Springer. 2019. Pp. 33–44.

УДК 004.912

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ МАШИНОЧИТАЕМОГО ГРАФОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НАБОРА СТАНДАРТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ ВЫБРАННОГО ДОМЕНА

Саблина П.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
polysab@mail.ru
Научный руководитель: Волкова Л.Л., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Формирование машиночитаемого графового представления набора стандартов для выбранного домена позволит автоматизировать работу с документацией, составить формат представления знаний из стандартов для их визуализации, сокращения временных затрат человека на ознакомление с набором документов и на поиск в них. Данная задача заключается в построении графового представления, описывающего иерархическую структуру документов и внутридокументные и междокументные ссылки, имеющиеся в наборе стандартов.

Анализ текстов на естественном языке выполняется в несколько этапов [1]. Для формирования машиночитаемого графового представления набора стандартов рассматриваются графематический анализ (уровень символов), морфологический анализ (уровень токенов), синтаксический анализ (уровень связей между словами) и семантический анализ (уровень смысла). Одной из ключевых проблем при анализе текстов являются кореферентные ссылки. Если слова и/или словосочетания в тексте указывают на одну и ту же сущность («кафедра», «она», «ей»), для анализа смысла текста необходимо найти, на что указывает ссылка, и «разыменовать указатель».

Выделены основные этапы разрабатываемого метода: (1) построение деревьев структуры стандартов и (2) разрешение внутридокументных и междокументных ссылок. Для выполнения каждого этапа требуются лингвистические шаблоны и правила, разработанные для набора стандартов из выбранного домена, и компоненты программного обеспечения, реализующие соответствующие этапы.

Для описания структуры одного документа предлагается использовать дерево структуры стандартов $T=(V,H)$, где V — набор вершин (частей документа), содержащих тип узла и данные, H — набор иерархических связей (дуг) между узлами одного документа. На примере «СП 475.1325800.2020. Свод правил. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства» [2] выделены следующие части документа: заголовки, разделы, пункты определений (например, «1.1 термин: определение.»), таблицы. Корневой узел дерева должен содержать идентификатор стандарта. Уровень узла определяется уровнем заголовка в документе. Тип узла определяется содержанием узла. Данные в узле дерева — это содержание (текст или таблица) части документа. Алгоритм построения дерева структуры документа основан на правилах, например, «если строка соответствует шаблону *^\s*Таблица\s+\d+(\.\d+)*$*, то необходимо построить дочерний узел типа *таблица* для предшествующего заголовка». Правило может включать регулярное выражение.

Выделены следующие типы ссылок: ссылка на стандарт из набора, на стандарт не из набора, на часть документа. На примере [2] разработаны шаблоны и правила для разрешения указанных типов ссылок, например, для ссылки, соответствующей шаблону «*таблиц[а-яё]*\s+\d+\.\d+», необходимо создать связь с частью документа. Алгоритм разрешения ссылок заключается в применении разработанных правил к узлам дерева структуры стандарта.

Результатом применения предлагаемого метода является граф $G=(V,H,R)$, где V — набор вершин (частей документа), H — набор иерархических связей (дуг) между частями документа, R — набор дуг, обозначающих внутридокументные и междокументные ссылки. Для описания графа выбран формат DOT, так как он позволяет описывать атрибуты графа и предоставляет возможность визуализации с помощью программы Graphviz.

В программном обеспечении, реализующем описанный метод, предлагается выделить компоненты, отвечающие за описание структуры дерева, построение деревьев структуры стандартов, разрешение ссылок, формат описания графов и хранение результатов.

Таким образом, разработаны основные положения метода формирования машиночитаемого графового представления набора стандартов на русском языке для выбранного домена. Для представления текстов стандартов предложено дерево структуры документа. После создания внутридокументных и междокументных связей формируется граф набора стандартов. Для разрешения кореферентных ссылок необходимо использовать конвейерный подход, выбран метод, основанный на правилах. Для описания графа выбран формат DOT.

Список литературы

1. Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э., Клышинский Э.С., Лукашевич Н.В., Сапин А.С. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 269 с.

2. СП 475.1325800.2020 Свод правил. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства. М., 2020. 31 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/564612858 (Дата обращения 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

УДК 519.713

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Бурлевич М.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатики и систем управления»
burlevichmv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Горшков Ю.Г., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатики и систем управления»
ygorshkov@bmstu.ru

Клеточные автоматы применимы во многих областях науки. Они используются в дискретной математике, теоретической информатике, физике. В общем виде можно разделить область изучения на два направления. В первом клеточный автомат позволяет моделировать системы, состоящие из объектов или процессов, а во втором исследуются его структура и свойства.

Основная идея заключается в представлении пространства в виде сетки клеток, где каждая их них может находится в определенном состоянии. В зависимости от окрестности ячейки определяется ее дальнейшее состояние в следующий такт работы автомата.

В задачи преобразования информации входят: шифрование, кодирование и сжатие данных.

Для решения задачи шифрования были изобретены криптографические алгоритмы на основе клеточных автоматов. Для генерации поточных шифров и псевдослучайных последовательностей используется правило 30. Для построения блочных шифров возможно применение обратимого одномерного клеточного автомата. Исследовав принципы построения данных шифров, можно сделать выводы, что преимущество заключается в быстродействии систем, однако недостатком является невысокая криптостойкость.

Кодирование заключается в преобразовании данных в определенный формат и не подразумевает засекречивание, чем и отличается от шифрования. Всего существует 256 простейших клеточных автоматов, которые называются кодами Вольфрама. Номер от 0 до 255 означает правило, в соответствии с которым изменяются дальнейшие состояния автомата [1].

Применение клеточных автоматов для сжатия является малоизученным направлением, но несмотря на это есть предложения использовать преобразование элементов данных с помощью динамики самого автомата.

По итогам исследования можно сделать вывод, что клеточный автомат обладает рядом достоинств и недостатков. Система является параллельной, благодаря чему возможно повысить быстродействие. Также преимуществом является возможность аппаратной реализации. К недостаткам можно отнести низкие криптостойкость и производительность. Однако теория клеточных автоматов продолжает развиваться и уже сейчас позволяет решить задачи преобразования и обработки данных.

Список литературы

1. Простейшие клеточные автоматы и их практическое применение. URL: https://habr.com/ru/articles/273393/ (Дата обращения 21.04.2025).

УДК 004

МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ С НАКОПИТЕЛЕЙ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ ЗАПИСИ SMR (SHINGLED MAGNETIC RECORDING)

Гостищев С.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
gs-stas@mail.ru
Научный руководитель: Басараб М.А., д.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

В условиях непрерывного и стремительного роста объёмов хранимой информации на цифровых носителях встает вопрос надёжного удаления данных с этих устройств. Конфиденциальность информации, сохранение персональных данных, предотвращение утечек коммерческой тайны требуют пересмотра стандартных практик обработки накопителей. Традиционные методы удаления данных, эффективны [1] для магнитных дисков с продольной (Longitudinal Magnetic Recording, LMR) или перпендикулярной (Perpendicular/Conventional Magnetic Recording, PMR/CMR) записью. Процедуры форматирования, многократной перезаписи нулями или случайными данными, а также манипуляции с файловыми таблицами позволяли гарантировано удалять информацию с накопителя.

Однако с внедрением технологии Shingled Magnetic Recording (SMR) [2] ситуация кардинально изменилась. Архитектура SMR-дисков предполагает частичное наложение дорожек, при котором каждый новый трек перекрывает предыдущий. Такая технология позволяет значительно увеличить плотность записи. Но для реализации работы данного механизма пришлось переработать систему записи/чтения информации блоком магнитных головок. Встроенный в плату управления контроллер диска, выполняющий функции транслятора второго уровня (T2) [3], отвечает за управление этими процессами, что приводит к созданию скрытых резервных областей хранения, недоступных для прямого обращения со стороны операционной системы или стандартных утилит форматирования. Эти особенности обуславливают появление так называемых «слепых зон», где сохраняются остатки старой информации.

Для проведения анализа устойчивости остаточных данных на SMR-носителях была разработана методика, состоящая из нескольких этапов. На экспериментальный накопитель производилась запись тестового паттерна с набором вымышленных данных таких как данные банковских карт и пароли от учетных записей. Для упрощения дальнейшего исследования в каждый байт в позицию с нулевым смещением от начала сектора записывался его номер. С увеличением разряда сектора экспериментальный текст смещался побайтово вправо. Такой подход позволил исключить повторения двух секторов подряд, что позволило записать уникальные данные на всю логическую поверхность диска. Затем накопитель подвергался полному заполнению разными наборами данных: нулями (0x00), единицами (0xFF), чередованием нулей и единиц (0x55). После каждого цикла запись транслятор второго уровня загружался в оперативную память накопителя и был исследован на наличие остатков экспериментального паттерна.

Полученные результаты демонстрируют, что объём данных, недоступных для удаления посредством стандартных процедур, варьируется в пределах от 0,5 % до 2 % от общей ёмкости накопителя, в зависимости от конкретной модели, ёмкости и прошивки контроллера. При учёте современных терабайтных накопителей, это приводит к объёмам, достигающим сотен мегабайт потенциально чувствительной информации, что может включать в себя пароли, токены аутентификации, персональные идентификаторы и критически важные служебные данные. Особенно важно отметить, что процент остаточной информации увеличивается при работе с накопителями с высокой степенью внутренней фрагментации данных.

Практическая значимость проведённого исследования заключается в выявлении принципиальной неприменимости стандартных методов удаления данных при работе с накопителями, использующими технологию SMR. Методы, такие как однократное или многократное форматирование, перезапись нулями или случайными данными, а также алгоритмы, рассчитанные на прямой доступ ко всем секторам (например, Метод Гутмана или DoD 5220.22-M), оказываются неэффективными в силу архитектурных особенностей SMR-дисков.

На этапе физического вывода SMR-накопителей из эксплуатации необходимо прибегать к методам, обеспечивающим гарантированное разрушение магнитной структуры пластин. К таковым относятся аппаратное размагничивание или механическое уничтожение магнитных пластин до состояния, исключающего возможность физического восстановления данных.

Перспективные направления дальнейших исследований включают разработку специализированного программного обеспечения для низкоуровневого анализа структуры SMR-дисков, стандартизацию методик верификации удаления данных с учётом «бэндовой» структуры и трансляционных особенностей, а также проведение сравнительных испытаний на носителях других типов (например, Interlaced Magnetic Recording — IMR).

Список литературы

1. Родюшкин И.Е., Гнутов М.С. Исследование методов гарантированного уничтожения данных путем перезаписи информации // Инновационный потенциал развития науки в современном мире: технологии, инновации, достижения: сб. науч. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф.(Уфа, 18 апр. 2023 г.). Уфа: Науч.-изд. центр «Вестник науки», 2023. С. 316–321.
2. Aghayev A., Desnoyers P. Skylight—A Window on Shingled Disk Operation // 13th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 15) (Santa Clara, CA, February, 2015). Pp. 135–149. URL: https://www.usenix.org/conference/fast15/technical-sessions/presentation/aghayev (Дата обращения 29.04.2025).
3. ACELab team. Western Digital SMR. Formatted Drive Solution // ACELab Blog. – 6 марта 2024 г. URL: https://blog.acelab.eu.com/western-digital-smr-formatted-drive-solution.html (Дата обращения 29.04.2025).

УДК 004.052

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ: СОВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, КИБЕРУГРОЗЫ И МЕНЕДЖМЕНТ РИСКОВ.

Захаров В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
zaharov.vladimir.an@gmail.com
Научный руководитель: Ключарёв П.Г., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Энергетические системы представляют собой сложную совокупность взаимосвязанных компонентов, охватывающих все стадии — от производства до конечного использования энергии. Эти системы включают генерацию электроэнергии на электростанциях, передачу посредством линий электропередачи и распределительных сетей, а также потребление на предприятиях, в жилых домах, транспортных и медицинских учреждениях. Надёжное энергоснабжение является краеугольным камнем функционирования современной экономики и социальной сферы, поддерживает повседневную жизнь населения. Энергетическая инфраструктура напрямую влияет на эффективность работы предприятий, развитие транспорта и своевременное оказание медицинской помощи, что в конечном итоге

способствует стабильности и росту экономики страны. Кроме того, особое значение имеет обеспечение энергией военных объектов и стратегических объектов, от которых зависит национальная безопасность.

Однако такие роли, в сочетании с развитием информационных технологий, сделали данные системы привлекательными для кибератак, наносящих серьезный ущерб. Киберугрозы для подобных объектов разнообразны и кроме привычных утечек данных, повреждение оборудования, включают сбои и экономических потерь [1] включают в себя сбои в подаче электроэнергии, которые могут запустить цепную реакцию, ставя под грозу ключевой элемент безопасности – доступность, являющуюся одним из основных принципов триады конфиденциальности, целостности и доступности (CIA). Ситуацию усугубляет тот факт, что подобные системы вынуждены работать с оборудованием различных поколений, которое зачастую не только не имеет единого протокола, но и не обеспечивает единую архитектуру безопасности, но и зачастую уже устарело, что делает его особенно уязвимым перед современными киберугрозами [2]. Дополнительным вызовом является высокая степень автоматизации управления, созданная для упрощения работы операторов. Отсутствие единой, интегрированной системы мониторинга и анализа кибербезопасности затрудняет своевременное обнаружение и реагирование на потенциальные угрозы, что может привести к тому, что атаки остаются незамеченными до момента возникновения критических последствий [3].

В данной работе освещены ключевые аспекты проблемы уязвимости энергетических систем, проведён анализ основных видов кибератак и методов их реализации, а также рассмотрены современные меры по защите инфраструктуры.

Список литературы

1. Venkatachary S.K., Prasad J. et. al. Economic impacts of cyber security in energy sector: a review. // International Journal of Energy Economics and Policy. 2017. № 7 (5). Pp. 250 - 262.
2. Smith D.C. Cybersecurity in the energy sector: are we really prepared? // Journal of Energy & Natural Resources Law. 2021. № 39 (3). Pp. 265–270.
3. Krzykowski M. Legal aspects of cybersecurity in the energy sector—current state and latest proposals of legislative changes by the EU // Energies. 2021. № 14 (23). DOI: 10.3390/en14237836.

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 004.932.2

ОБЗОР СПОСОБОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Андреева К.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
aki21u794@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Посевин Д.П., к.ф.-.м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
posevin@bmstu.ru

Для решения задачи дистанционного мониторинга лесных пожаров, особенно в труднодоступных местах, требуется преодолевать различные технические сложности, связанные с отсутствием каналов связи и энергетической инфраструктуры, что приводит к ограничению дальности и низкой скорости передачи данных. В работе рассматриваются различные подходы к организации систем передачи информации для решения задач раннего обнаружения источников лесных пожаров, проводится анализ преимуществ и недостатков различных аппаратно-программных средств.

Одним из доступных решений организации передачи информации в труднодоступных местах могут являться беспроводные сети MANET, например, на базе микроконтроллеров ESP8266, посредством которых можно создавать децентрализованные сети с минимальными затратами. Подобные решения [1] имеют существенные ограничения: для стабильной связи при различных погодных условиях ретрансляторы должны быть установлены на расстоянии от 5 до 50 метров друг от друга, при этом скорость передачи данных не будет превышать 3 КБ/с. Однако из результатов предварительных экспериментов следует, что подобные сети могут быть использованы для детектирования пожаров с применением нейросетевых алгоритмов [2], которые должны запускаться именно на конечных узлах сети MANET, реализованных на базе энергоэффективных одноплатных микрокомпьютеров — такое решение позволит передавать только метаданные характеристик изображений результатов мониторинга местности. Для увеличения дальности связи [3] наиболее перспективным решением является применение беспроводных радиопередатчиков на базе технологии LoRa, которая обеспечивает передачу данных на расстояния до 10 км в лесных массивах и до 20 км на открытой местности, при этом скорость может варьироваться от 1 до 50 кбит/с, что вполне достаточно для оперативной отправки в центр принятия решений координат возгораний и другой служебной информации. Важным преимуществом LoRa является относительно низкая стоимость радиомодулей и возможность построения распределенных ad-hoc-сетей. Альтернативой может служить технология XBee на базе протокола Zigbee, которая поддерживает более высокую до 250 кбит/с скорость передачи данных, но значительно меньшую дальность связи — до 100 м. В случаях, когда требуется максимальная дальность и скорость передачи информации, можно использовать радиомосты, например — MikroTik, которые обеспечивают связь на расстоянии до 50 км в условиях прямой видимости с пропускной способностью до 1 Гбит/с. Однако такие решения отличаются высокой стоимостью, значительным энергопотреблением и трудоемки в настройке, что приводит к невозможности их применения в удаленных лесных массивах.

Изучение способов создания оптимальных энергоэффективных гибридных сетей, выполняемое в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSFN-2024-0073), видится наиболее перспективным направлением дальнейших исследований в области раннего обнаружения источников лесных пожаров в труднодоступных местах.

Список литературы
1. Пенкин А.Д., Посевин Д.П. Аппаратно-программный комплекс беспроводной передачи изображений на базе микроконтроллеров семейства ESP8266 // Русский инженер: сборник тезисов II Всероссийского конгресса с международным участием, (Москва, 30 октября – 01 ноября 2024 года). Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). 2024. С. 160-161.
2. Кочетков Д.И., Нащекин Н.Д. О возможности использования нейросетевых моделей для автоматизации обнаружения лесных пожаров // Цифровые технологии: настоящее и будущее: сборник статей по материалам III Национальной научно-практической конференции с международным участием (Тольятти, 13 ноября 2024 года). Тольятти: Частное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинская академия управления». 2024. С. 88-92.
3. Данилова А.Г., Юрочкин А.В. Анализ распространения радиоволн через растительный покров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 4 (7). URL: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2015/01/DanilovaUrochkin_4_14_1.pdf (Дата обращения 29.04.2025)

УДК 004.89

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОДГРАФОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Балтаева М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
madina_bltv@vk.com
Научные руководители: Вирцева Н.С., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»;
Вишняков И.Э., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Современные графовые структуры, используемые для моделирования социальных сетей, биологических систем, транспортных сетей и других сложных систем, достигают масштабов миллионов вершин и рёбер. Анализ подграфов, таких как графлеты (индуцированные связные подграфы фиксированного размера), позволяет выявлять локальные шаблоны, аномалии и структурные особенности. Однако традиционные методы сталкиваются с вычислительными сложностями, особенно при работе с динамическими графами, где структура изменяется со временем. Целью работы является обзор и анализ методов построения признаков, отражающих подграфовую структуру в динамических графах.

Был рассмотрен **точный алгоритм подсчёта графлетов в динамических графах**, где структура графа изменяется во времени путём добавления или удаления рёбер. Метод основан на локализации изменений: после каждого обновления пересчитываются графлеты не во всём графе, а лишь в тех его частях, которые непосредственно затронуты данными изменениями. Для этого применяется адаптированный к динамическому случаю детерминированный алгоритм PGD (Pattern Graph Detection) [1], изначально разработанный для подсчёта графлетов в статических графах. Обновление графлетов осуществляется за счёт построения локальных подграфов до и после изменений, что позволяет сохранить точность и при этом существенно сократить вычислительные затраты.

Следующим направлением является использование **графовых нейронных сетей (GNN),** в частности моделей с *предварительным кодированием структурных признаков*. Подобные методы позволяют эффективно встраивать информацию о локальной структуре графа в обучающие представления. В работе подробно рассматривается модель ESC-GNN (Efficient Substructure Counting GNN) [2], которая на этапе предобработки извлекает

структурные признаки подграфов (такие как распределения степеней узлов и расстояний до корневых узлов), кодирует их векторные представления (эмбеддинги — числовые векторы, кодирующие свойства объектов) и использует как вход для MPNN-модели (*Message Passing Neural Network* — нейросеть, передающая сообщения между соседними узлами). Такой подход позволяет избежать необходимости многократного применения GNN на каждом подграфе и добиться линейной сложности по числу рёбер. При этом достигается приемлемый компромисс между точностью представления локальных структур и вычислительной сложностью.

Третьим подходом является GNN с архитектурой на основе подграфа. Эти методы строят представление графа на основе ансамбля подграфов, что позволяет моделировать более сложные подструктуры, включая циклы и кластеры, недоступные для стандартных MPNN-моделей. Одним из примеров является модель Subgraph GNN [3]. Подграфы могут быть сформированы в виде *эго-сетей* — это подграфы, включающие выбранную вершину («эго») и её соседей («альтеры»), а также связи между ними. Особенность архитектуры такой модели заключается в раздельной обработке информации от корневых и некорневых узлов, что позволяет учитывать роль узла внутри подструктуры. Подграфовые GNN обладают высокой выразительной способностью и превосходят традиционные GNN, ограниченные 1-WL тестом изоморфизма Вейсфелера–Лемана. Subgraph GNN достигает уровня 3-WL, позволяющего различать более сложные структурные различия между графами.

В рамках исследования рассмотрены современные методы анализа структуры подграфов. Проведённая работа показала, что эффективный подсчёт подграфовых структур в больших и динамически изменяющихся графах остаётся сложной задачей, требующей баланса между вычислительными затратами и точностью моделей. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем для разработки более масштабируемых и универсальных алгоритмов поиска подграфов, способных адаптироваться к различным сценариям применения и ограничениям реальных данных.

Список литературы

1. Ahmed N.K., Neville J., Rossi R.A., Duffield N. Efficient graphlet counting for large networks // 2015 IEEE International Conference on Data Mining: conference proceedings. (Atlantic City, NJ, USA, 14-15 Nov. 2015) IEEE. 2015. DOI: 10.1109/ICDM.2015.141.
2. Yan Z., Zhou J., Gao L., Tang Z., Zhang M. An Efficient Subgraph GNN with Provable Substructure Counting Power // Proceedings of the 30th ACM SIGKDD Conference on knowledge discovery and data mining **(**Barcelona, Spain, 25–29 August 2024). ACM, 2024. URL: https://arxiv.org/pdf/2303.10576 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Frasca F., Bevilacqua B., Bronstein M. M., Maron H. Understanding and extending subgraph gnns by rethinking their symmetries // 36th Conference on Neural Information Processing Systems: conference proceedings. (New Orleans, 28 November – 09 December, 2022). Curran Associates, Inc. 2022. URL: https://arxiv.org/pdf/2206.11140 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА АКТИВНОСТИ КИТОВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ РОССИИ

Военный Н.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
nikvoen@yandex.ru
Мирзоев С.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
zzz192@bk.ru
Научный руководитель: Посевин Д.П., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
posevin@bmstu.ru

Изучение миграционных путей и зон активности китов имеет важное значение для сохранения биоразнообразия морских экосистем и создания эффективных мер по охране морских млекопитающих. Соответствующая карта [1] была создана усилиями ученых и представителей природоохранных организаций в 2022 году, однако она не охватывает прибрежные воды России.

Таким образом, актуальной задачей является создание информационной системы для анализа активности китов, в том числе, и у побережий нашей страны.

Авторами было разработано веб-приложение с возможностью интеграции данных из внешних источников [2]. В рамках решаемой задачи организована система импорта и предварительной обработки координат мест регистрации китов с отображением соответствующих точек на цифровой карте. Реализована кластеризация точечных объектов методом k-средних для отображения зон активности китов. Предложен метод интерполяции таких зон, внутренняя граница которых проходит по береговой линии, а внешняя граница строится как последовательность сопряжений окружностей с центрами, совпадающими с центрами соответствующих кластеров. При этом квадрат радиуса каждой такой окружности пропорционален количеству точек в кластере, который она отображает.

В работе использован следующий стек технологий: для геопространственной обработки и анализа данных применялись библиотеки GeoPandas и Shapely, кластеризация выполнялась при помощи Scikit-learn, вывод результатов на интерактивной карте осуществлялся с помощью библиотеки Folium, а хранение и управление исходными данными осуществлялось с помощью библиотеки Sqlite3.

На основе проделанной работы может быть построена карта активности китов в прибрежных водах России, а также реализована визуализация миграционных коридоров этих крупных млекопитающих.

Список литературы

1. Johnson C. et al. Protecting Blue Corridors-Challenges and solutions for migratory whales navigating national and international seas // World Wildlife Fund. Retrieved from. 2022. V. 6196131. DOI: 10.5281/zenodo.6196131.
2. Сайт Happy Whale. URL: https://happywhale.com/ (Дата обращения 15.04.2025).

УДК 004.023

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОПУЛЯЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ, ОТРАЖАЮЩИХ ЕСТЕСТВЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ЖИВОТНЫХ

Гнатенко Т.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
tanya-g99@ya.ru
Научный руководитель: Домрачева А.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
domracheva@bmstu.ru

Популяционные алгоритмы предполагают одновременную обработку нескольких вариантов решения задачи оптимизации и представляют собой альтернативу классическим «траекторным» поисковым алгоритмам, в которых в области поиска эволюционирует только один кандидат на решение этой задачи [1]. Популяционные алгоритмы особенно эффективны при решении задач, в которых отсутствует аналитическое выражение целевой функции, а классические методы, например, градиентные — неприменимы. В данной работе рассматриваются алгоритмы, имитирующие различные модели поведения животных, включая косяк рыб, колонию пчёл, светлячков, группы лягушек и волчью стаю, которые позволяют использовать в оптимизации принципы коллективного взаимодействия, поиска, коммуникации и самоорганизации, наблюдаемые в живой природе.

В работе проводилось сравнение пяти популяционных алгоритмов: алгоритма искусственного косяка рыб (artificial fish swarm algorithm, AFSA), алгоритма перемешанных лягушачьих прыжков (shuffled frog leaping algorithm, SFLA), алгоритма искусственной пчелиной колонии (artificial bee colony, ABC), светлячкового алгоритма (firefly algorithm, FA) и оптимизации серого волка (grey wolf optimizer, GWO). Реализация всех алгоритмов была выполнена на языке Go, функциональное тестирование — на Python. Для демонстрации работы был разработан веб-интерфейс с 3D и 2D-визуализацией в режиме реального времени на основе Vue.js и библиотеки THREE.js.

Производительность алгоритмов оценивалась по следующим характеристикам: точность, сходимость, скорость выполнения, масштабируемость и устойчивость к изменению условий поиска. Были получены следующие результаты сравнения точности, скорости выполнения и устойчивости:

1. Алгоритм FA продемонстрировал наивысшую точность при решении задач с малой размерностью. Однако его скорость работы всегда остаётся низкой, что обусловлено необходимостью взаимодействия каждой особи со всеми остальными на каждой итерации [2], что приводит к значительным вычислительным затратам. На задачах с большими размерностями FA не только демонстрирует ухудшение скорости, но и значительно теряет в точности. Сложность поиска оптимума возрастает, что ограничивает способность алгоритма эффективно исследовать пространство решений, особенно в условиях высокоразмерных задач. Таким образом, несмотря на хорошую точность в задачах с низкой размерностью, FA характеризуется низкой производительностью и ухудшением точности при увеличении размерности.
2. Алгоритм GWO обеспечил наилучший баланс между точностью, скоростью и устойчивостью. Его иерархическая структура с лидерами (альфа, бета, дельта) [2] обеспечивает стабильную и быструю сходимость.
3. ABC-алгоритм, основанный на взаимодействии между тремя типами пчёл: собирателями, наблюдателями и разведчиками [3], хорошо справился с задачами высокой размерности, благодаря способности к активной разведке. Однако по точности он уступает FA и GWO.

4. SFLA, использующий разделение на субпопуляции и их перемешивание для обмена информацией , оказался простым в реализации и масштабируемым, но демонстрировал нестабильность: в некоторых случаях потеря ранее достигнутого оптимума происходила из-за случайного перемешивания агентов.

5. AFSA обеспечил стабильные, но средние результаты, благодаря сочетанию нескольких форм поведения рыб при различных ситуациях – преследование, поиск, роение и резкие повороты.

На ранних итерациях алгоритмы FA, AFSA и ABC быстро сходились к минимуму, но только FA приближался к нему с наименьшей погрешностью. GWO сходился чуть медленнее, но достигал высокой точности. SFLA страдал от резких колебаний и потери устойчивости на финальных этапах. При увеличении размерности наилучшие результаты показал ABC, за ним следовали GWO и SFLA. Алгоритм FA резко терял точность и скорость. AFSA оставался устойчивым, но не выдающимся по показателям.

Таким образом, выбор алгоритма должен определяться характеристиками конкретной задачи. GWO рекомендуется, как универсальный метод. FA подходит для задач с приоритетом высокой точности при малой размерности. ABC – лучший выбор при работе с высокоразмерными пространствами. SFLA применим в задачах, требующих масштабируемости и простоты реализации. AFSA надёжен и стабилен, особенно в условиях с ограниченными ресурсами.

Список литературы

1. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 446 с.
2. Mirjalili S., Mirjalili S.M., Lewis A. Grey Wolf Optimizer. // Advances in Engineering Software. 2014. V. 69. Pp. 46-61.
3. Саймон Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации / пер. с англ. А. В. Логунова. М.: ДМК Пресс, 2020. 1002 с.

УДК 519.854.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЭВРИСТИК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

Кабанов А.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
andryushka.kaban.z@mail.ru
Научный руководитель: Посевин Д.П., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
posevin@bmstu.ru

Задача коммивояжера (Travelling Salesman Problem, TSP) является одной из самых известных и важных задач в области оптимизации. Она представляет собой классическую задачу комбинаторной оптимизации, суть которой заключается в поиске оптимального, то есть кратчайшего, пути, соединяющего определенный набор городов. При этом обязательным условием является посещение каждого города ровно единожды, а возвращение в начальную точку завершает маршрут. Несмотря на кажущуюся простоту формулировки, задача коммивояжера принадлежит классу NP-трудных задач, что означает, что для её решения невозможно или крайне затруднительно разработать алгоритм, эффективно находящий точное решение для произвольного числа городов. Помимо практического интереса, задача представляет значительный теоретический интерес в области математики и информатики, так как её изучение помогает глубже понять свойства комбинаторных задач и развивать подходы к их решению.

На протяжении многих лет было разработано множество подходов к решению задачи коммивояжера, начиная от точных методов и заканчивая эвристическими, метаэвристическими методами, а также алгоритмами машинного обучения.

Метод имитации отжига (Simulated Annealing, SA) [1] — это метаэвристический метод оптимизации, который находит приближённые решения сложных задач оптимизации, путем достаточно простой и при этом эффективной процедуры нахождения баланса между исследованием и использованием. В имитации отжига система постоянно переходит от одного решения к другому, применяя незначительные изменения. Из текущего решения или маршрута, путем изменения какой-то его части, генерируется решение-кандидат. Если решение-кандидат не хуже текущего, то оно принимается в качестве нового текущего решения. Иначе, вероятность выбрать даже не выгодное решение определяется текущей температурой, и тем насколько решение-кандидат хуже текущего решения.

Метод оптимизации на основе муравьиной кучи (Ant Colony Optimization, ACO) – это биологически обусловленный популяционно-ориентированный метаэвристический метод оптимизации. Базовым алгоритмом оптимизации на основе муравьиной кучи является муравьиная система (Ant System, AS) [2]. Каждый муравей в симуляции оптимизации на основе муравьиной кучи путешествует из одного города в другой, и симуляция наносит феромон на путях муравьев, после того как они завершают свои путешествия. Феромоны не только наносятся, но они и испаряются. Вероятность того, что муравей будет путешествовать из своего нынешнего города в какой-то другой город, пропорциональна количеству феромонов между городами. Предполагается, что муравьи также имеют некоторые знания о задаче, которые помогают им принимать решения во время своих путешествий. Они знают расстояние от своего текущего города до других городов, и с большей вероятностью отправятся в близлежащий город, чем в отдаленный.

Ant-Q [3] — матеэвристический алгоритм объединяющий идеи муравьиной системы и обучения с подкреплением, в котором вместо матрицы феромонов применяется AQ-функция, хранящая текущие оценки ценности действий в среде. Агент выбирает действие в среде на основании эпсилон-жадной пропорциональной политики. После выбора действия через временную разность происходит обновление оценки ценности действия. После завершения нескольких эпизодов, вычисляется награда, как длина лучшего найденного маршрута. Далее агент повторно движется по лучшей траектории только уже с начислением награды. Из-за того, что награда почти всегда нулевая, возможно значительное смещение оценок ценности действия. Решением данной проблемы может служить ансамблирование, то есть разделение AQ-функции на несколько независимо обновляемых копий, с последующим агрегированием результатов либо через среднее оценок ценности действий, либо через минимум оценок ценности действий, либо через максимум оценок ценности действий.

Было произведено сравнение результатов работы вышеописанных алгоритмов на некоторых известных экземплярах задачи коммивояжера, а именно berlin52, pr76, ry48p и ftv70. Было выявлено, что в большинстве ситуаций алгоритм на основе имитации отжига показывает хорошие результаты, однако при этом он склонен достаточно сильно ошибаться на некоторых асимметричных экземплярах задачи коммивояжера. Тогда как вышеописанный алгоритм Ant-Q с использованием ансамбля AQ-функций показывает более стабильные результаты, без выраженных неожиданных ошибок на некоторых экземплярах задачи.

Список литературы

1. Cern V. Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm // Journal of Optimization Theory and Applications. 1985. V. 45. Pp. 41-51. DOI: 10.1007/BF00940812.

2. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part B. Cybernetics. 1996. V. 26. № 1. Pp. 29-41. DOI: 10.1109/3477.484436.

3. Gambardella L.M., Dorigo M. Ant-Q: A reinforcement learning approach to the traveling salesman problem // Machine Learning: Proceedings of the Twelfth International Conference on Machine Learning (ML-1995). (Tahoe City, 09 Jul., 1995). Pp. 252-260. DOI: 10.1016/B978-1-55860-377-6.50039-6.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Лебедев А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
lebedevai2@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Домрачева А.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
domracheva@bmstu.ru

В современных биоэкологических мониторинговых системах всё большую актуальность приобретает задача одновременного обнаружения объекта и его индивидуальной идентификации по снимкам фотоловушек [1]. При этом ограниченные вычислительные ресурсы полевых устройств и проблема катастрофического забывания при последовательном дообучении традиционных глубоких моделей существенно осложняют решение данной задачи [2].

Среди существующих решений широко применяются методы полного дообучения моделей таких архитектур как ResNet, ViT и их производные, однако они сопровождаются высокими вычислительными затратами, требуя десятков миллионов параметров и сотен MFLOPs. Также активно применяются усовершенствованные методы параметро-эффективного дообучения, такие как LoRA [3], однако даже эти подходы сохраняют ограничения при использовании в условиях малых вычислительных ресурсов, характерных для полевых систем инференса.

Разработана модульная иерархическая нейронная сеть с фиксированным экстрактором признаков (3 свёрточных блока; 1,28 млн параметров) и взаимозаменяемыми классификационными модулями. Градиенты полностью изолированы между модулями: на этапах последующего обучения изменяются только веса активного классификационного модуля, что предотвращает искажение базовых признаков экстрактора. Инференс осуществляется в два этапа: сначала выполняется предсказание принадлежности к обобщенному классу (например, наличие или отсутствие объекта — обобщенная-классификация), затем уточняется принадлежность к конкретному подклассу (детальная - классификация), что повышает гибкость системы без увеличения требований к объему оперативной (ОЗУ) и видеопамяти при инференсе.

Модель обучена на наборе данных [1], включающем 12 478 изображений для обучения и 2 496 для валидации, размеченных на 15 индивидуальных меток лисы Vulpes и класс «нет лисы». Исходный набор данных [1] не был сбалансирован по классам индивидуальных меток, что отражает реальные условия сбора данных фотоловушками. Обучение проводилось в три стадии: (1) Полная — совместное обучение экстрактора и детального-классификатора (для идентификации особей); (2) Обобщенная — обучение обобщенного-классификатора («лиса/нет лисы») при замороженном экстракторе; (3) детальная — дообучение детального-классификатора при замороженном экстракторе, используя только изображения класса «лиса».

Точность обобщенного-классификатора («лиса/нет лисы») на валидационной выборке достигла 0.914, детального-классификатора (идентификация особей) – 0.466 при обучении только на классе «лиса». Интегрированная двухшаговая схема (последовательное применение

обобщенного и детального классификаторов) обеспечила общую точность идентификации (доля верно классифицированных снимков с учетом как обобщенного, так и детальных этапов) 0.504 на всей валидационной выборке при неизменном экстракторе признаков. Предложенный модульный подход при сопоставимой точности детальной-классификации использует в несколько раз меньше оптимизируемых параметров по сравнению с полным дообучением ResNet-18 и сохраняет точность обобщенная-классификации после добавления новых детальных-классификаторов.

Разработанная архитектура обеспечивает баланс между вычислительной эффективностью и качеством распознавания, подходит для применения на встраиваемых системах с графическими ускорителями (GPU) и обладает потенциалом для масштабируемого расширения, в том числе на мультимодальные данные.

Список литературы

1. Dorning J., Harris S. The challenges of recognizing individuals with few distinguishing features: identifying red foxes vulpes from camera-trap photos // PloS one. 2019. V. 14. № 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0216531.
2. Yu D. et al. Recent Advances of Multimodal Continual Learning: A Comprehensive Survey. 2024. DOI: arXiv preprint arXiv:2410.05352.
3. Hu E.J. et al. Lora: Low-rank adaptation of large language models // ICLR. 2022. V. 1. № 2. Pp. 3.

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БАЗ ДАННЫХ

Проклашкина С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
proklashkinasa@student.bmstu.ru
Якубов П.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
yakubovpd@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Венедюхин А.А., вед. аналитик ФРСТ «ИнДата»
vened@indata.org.ru

Современные требования к обработке и хранению данных выдвигают на первый план необходимость создания специализированных решений, превосходящих традиционные СУБД по показателям производительности и безопасности. В условиях роста киберугроз и ужесточения регуляторных требований особую актуальность приобретают системы, сочетающие оптимизированную архитектуру для конкретных типов данных с комплексными механизмами защиты информации.

В данной работе рассматриваются два взаимодополняющих подхода: создание высокопроизводительного специализированного хранилища; разработка защищенного решения с криптографической защитой данных на всех этапах обработки. В качестве языка разработки был выбран язык программирования Go, обладающий сочетанием производительности, надежности и встроенного набора инструментов для работы с криптографией и параллельными вычислениями.

Специализированное хранилище проектировалось как высокопроизводительная in-memory система для эффективного управления TLS-сертификатами и связанными метаданными. Архитектура решения включает в себя: оптимизированные структуры данных, включая комбинацию хэш-таблиц для быстрого поиска по ключам и префиксных деревьев для эффективного сопоставления доменных имен [1]; многоуровневую систему индексации, поддерживающую поиск по IP-адресам, хэшам открытых ключей и временным диапазонам

валидности сертификатов; параллельную обработку запросов с использованием горутин и каналов; эффективное управление памятью через механизмы sync.Pool и специализированные аллокаторы; REST-like API с поддержкой JSON-формата. Система демонстрирует на порядок более высокую производительность по сравнению с традиционными СУБД при выполнении специализированных запросов.

Защищенное хранилище реализует комплексный подход к безопасности данных, включающий: систему шифрования с использованием AES-256 для данных на диске и эфемерных сеансовых ключей для передачи информации; взаимную аутентификацию mTLS на основе TLS 1.3; методы защиты данных в оперативной памяти: принудительную блокировку страниц через mlock, немедленное зануление обработанных данных, фиксацию данных в памяти с помощью runtime.Pinner (для контроля за перемещением объектов сборщиком мусора); изоляцию рабочих процессов и минимальные привилегии доступа. Архитектура системы построена вокруг принципа нулевого доверия (Zero Trust), где каждый запрос проходит многоэтапную проверку [2].

Проведенная работа демонстрирует эффективность и гибкость самостоятельной разработки специализированных хранилищ данных. Ключевые результаты включают: создание высокопроизводительной системы для управления TLS-сертификатами с уникальными характеристиками поиска; создание защищенного хранилища с усиленными (в сравнении с традиционными СУБД) методами защиты данных в памяти; доказательство эффективности языка Go для подобных задач [3]; формулировку принципов проектирования специализированных и/или безопасных систем.

Дальнейшее развитие систем может включать в себя: использование постквантовых криптографических алгоритмов; интеграцию с аппаратными модулями безопасности (HSM/TPM); разработку адаптивных механизмов управления ресурсами (распределённое хранение).

Список литературы

1. Фролов К.М., Казакова И.А. Модификация структур данных для их использования в качестве индексов баз данных // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы: сборник научных статей II Ежегодной межвузовской студенческой научно-практической конференции (Пенза, 11 марта 2015 года) / под ред. Л. Р. Фионовой, А. В. Дурина. Пенза: Пензенский государственный университете. 2015. С. 295-297.
2. Румянцев И.А. Анализ угроз информационной безопасности баз данных и шифрование в базах данных // Интернаука. 2024. № 18-4 (335). С. 9-13.
3. Нагаев М.Т., Кожевникова А.В. Анализ эффективности реализации программ на Golang // Новые информационные технологии и системы (НИТиС-2023): сборник научных статей по материалам XX Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летнему юбилею Пензенского государственного университета (Пенза, 16–17 ноября 2023 года). Пенза: Пензенский государственный университет, 2023. С. 160-168.

СЕКЦИЯ «ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ»

УДК 004.457

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН НА СИСТЕМАХ ВИРТУАЛИЗАЦИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА

Багнюк Л.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
blm23u037@student.bmstu.ru
Янгель К.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
gluhov@bmstu.ru
Научный руководитель: Погорелко Е.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
pogorelko@bmstu.ru

В условиях быстрого роста числа виртуальных машин в современной IT-инфраструктуре возникает необходимость постоянного мониторинга состояния виртуальных серверов (машин) и оперативного реагирования на возникающие проблемы.

Для решения проблемы мониторинга состояния, как правило применяются такие средства, как Prometheus и Zabbix. Однако при «классической» конфигурации требуется явно задавать IP-адреса машин, состояние которых необходимо отслеживать. Такой подход может быть затруднителен при больших размерах виртуальной инфраструктуры.

В рамках данной работы был создан API-сервис, позволяющий получать список хостов (виртуальных машин), на которых установлены поставщики метрик. Сервис получает список включенных хостов посредством обращения к гипервизору. Далее сервис определяет, к каким сетям подключен каждый из обнаруженных портах и пытается установить соединение по предопределенным портам по протоколу HTTP. По результату работы сервис формирует список хостов-целей, с которыми удалось установить соединение.

Для конфигурации Prometheus предлагается создание группы хостов (Job), содержащей конфигурацию сбора типа «http_sd_configs», указывающую на контейнер с API-сервисом определения целей.

Также предлагается использование Prometheus Blackbox Exporter для мониторинга доступности веб серверов (в частности – веб интерфейса самого кластера).

С целью повышения скорости реагирование предлагается написание правил предупреждение (Alert rules), отслеживающих следующие ключевые метрики: отключение хоста; высокая нагрузка на CPU; высокая нагрузка на RAM; высокий процент заполнения диска.[1]

Для получения более детальной информации о ресурсах, потребляемых системой контейнеризации Docker, рекомендуется дополнительно подключить поставщик метрик cAdvisor.[2]

В конце хотелось бы отдельно подчеркнуть разработанные в ходе данной работы Ansible Playbooks, позволяющие автоматизировано устанавливать необходимые поставщики метрик на конечные хосты. Данный подход позволяет оперативно подключать виртуальные машины к средствам мониторинга минимизируя фактор человеческого риска.

Таким образом, в рамках данной работы было разработано программное решение, позволяющее достаточно быстро подключать к системам мониторинга состояния крупные кластеры виртуальных машин. Дальнейший ход работы следует направить на повышение производительности подсистем определения целей и автоматической установки поставщиков метрик.

Список литературы
1. Julian M. Practical monitoring: effective strategies for the real world. O'Reilly Media, Inc. 2017. 230 p.
2. McKendrick R. monitoring docker: track and analyze performance metrics in distributed containerized applications. Packt Publishing, 2016. 178 p.

УДК 004.457

БИТВА ЗА ЛОГИ: КАК PKI ПОБЕЖДАЕТ ЗЛОУМЫШЛЕННИКОВ В LINUX

Быстрицкая К.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
kb25.05@mail.ru
Костенко И.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
kostenkoiv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Сысоев Г.В., нач. цикла-ст. преподаватель, майор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военный учебный центр.

Логи в Linux, представляя собой хронологическую последовательность событий $S = \{e_1, e_2 \dots e_n\}$, уязвимы к манипуляциям из-за отсутствия криптографической связности. Основные угрозы включают:

1. Удаление логов (тактика Defense Evasion, MITRE ATT&CK), где вероятность $P_{del} \to 1$ при отсутствии RBAC-контроля.
2. Селективное удаление записей, нарушающее целостность данных. Вероятность обнаружения P_{detect} близка к нулю при одном источнике аудита.
3. Фальсификация событий (CWE-331), снижающая энтропию Шеннона $H(S)$ и нарушающая триаду CIA

Предложено решение на базе PKI (инфраструктура открытых ключей) и TSA (Time-Stamp Authority):

1. Цифровая подпись логов (ECDSA/RSA) гарантирует целостность: $\mathrm{Verify}(\mathrm{Sig}(e_i), \mathrm{PKI}) = \mathrm{True}$
2. Метки времени по RFC 3161 предотвращают backdating и replay-атаки.
3. Интеграция с ELK-стеком через rsyslog и Logstash обеспечивает автоматическую верификацию.

Эксперименты в ALT Linux (Intel Xeon E5-2650) показали:

1. Задержка обработки с PKI + TSA: 13 мс (100 событий/сек) против 2 мс без подписи.
2. Оптимизация с ECDSA-256 сокращает время подписи на 40% по сравнению с RSA-4096.
3. Соответствие стандартам: GDPR, PCI DSS (Req. 10.5), ISO/IEC 27037 [2].

Выводы:

1. PKI + TSA обеспечивают юридически значимую защиту логов, но требуют компромисса в производительности.
2. Рекомендовано использование ECDSA-256 для высоконагруженных систем и RSA-4096 для максимальной безопасности.
3. Решение устраняет ключевые угрозы: $P_{forge} \approx 10^{-38}$ (SHA-256) и $P_{detect} \geq 0.99$

Список литературы
1. Сидрицкий С. Логирование в Linux: от основ до продвинутых практик // Habr. 2023. URL: https://habr.com/ru/articles/655135/ (Дата обращения 25.06.2024).

2. Петров А. PKI и защита логов: как обеспечить целостность данных // Habr. 2023. URL: https://habr.com/ru/articles/671728/ (Дата обращения 25.06.2024).

УДК 004.056

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ НОТАЦИЙ ПРИ ОПИСАНИИ ПРОЦЕССОВ КРИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Гацко К.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
gatsko@bmstu.ru
Научный руководитель: Вайц Е.В., к.н., доцент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Критические информационные системы (КИС) — это объекты критической инфраструктуры, сбои в работе которых могут привести к серьёзным последствиям для общества, экономики и безопасности страны. Они требуют высокой надёжности, безопасности и формализованного описания процессов, поскольку характеризуются высокой степенью критичности, строго регулируются и интегрированы с внешними системами, что усложняет обеспечение их безопасности. Представление КИС как совокупности процессов помогает выявлять уязвимости и эффективно управлять рисками.

Для сужения области исследования в качестве субъекта КИИ рассматривался банк, а в качестве объектов его критические информационные системы, такие как автоматизированная банковская система и система дистанционного банковского обслуживания, обрабатывающие платежи, счета, клиентские операции и взаимодействие с внешними структурами [1]. Безопасность банковских КИС требует высокой отказоустойчивости, соблюдения законодательства о персональных данных и устойчивости к транзакционной нагрузке.

В результате анализа мер защиты КИС было определено, что обеспечение безопасности КИС сводится к обеспечению безопасности отдельных технических компонентов, но не учитывает логику процессов. Методология представления систем через процессы позволяет выявлять уязвимости на разных уровнях и разрабатывать более эффективные меры защиты, так как внимание уделяется анализу процессов, которые проходят данные внутри системы, взаимодействуют с другими компонентами, что позволяет комплексно подходить к обеспечению безопасности.

Описание процессов в информационных системах (ИС) критически важно для повышения прозрачности, эффективности, автоматизации и безопасности. Формализованное описание позволяет выявить уязвимости, избыточные действия, точки отказа и ошибки, а также упрощает контроль, внедрение новых решений и масштабирование процессов при изменениях. Оно способствует не только стандартизации операций, но и снижению рисков, потерь и затрат, связанных с инцидентами в критической информационной инфраструктуре (КИИ).

Выбор нотации для моделирования процессов в КИС зависит от ряда факторов. Во-первых, важна степень формализации: Petri-сети, IDEF0/IDEF3 и BPMN 2.0 позволяют анализировать бизнес-логику, выявлять состояния гонки, блокировки и потенциальные уязвимости. Во-вторых, учитывается сложность системы: при наличии параллельных и распределённых процессов лучше применять Petri-сети, UML или BPMN 2.0, которые отражают архитектуру и динамику взаимодействий. Третий критерий — необходимость анализа потоков данных и функций. Здесь подойдут IDEF0, DFD и BPMN 2.0, позволяющие чётко определить, какие функции обрабатывают какие данные и как осуществляется управление. Важным аспектом является и читаемость моделей: BPMN 2.0 универсальна, поскольку доступна для понимания как техническими специалистами, так и бизнес-пользователями. Наконец, существенное значение имеет инструментальная поддержка и

возможность верификации моделей — такие нотации, как BPMN 2.0, UML, Petri-сети и IDEF0 широко поддерживаются в CASE-средах (например, Camunda, Bizagi, ARIS, CPN Tools, Enterprise Architect), что позволяет проводить симуляции, автоматическую проверку, анализ рисков и генерацию документации. [2,3]

С учётом всех этих факторов, наиболее универсальной и подходящей для моделирования процессов в критических ИС является нотация BPMN 2.0. Она сочетает формализм и наглядность, поддерживает описание сложной логики с участием различных ролей, событий, исключений, таймаутов и альтернативных сценариев. BPMN 2.0 понятна всем участникам процесса — от аналитиков до аудиторов, может использоваться как документация и техническое задание, легко интегрируется с BPM-системами и соответствует международному стандарту ISO/IEC 19510, что делает её актуальной для прохождения аудита и соблюдения регуляторных требований.

Список литературы

1. Левин М.И., Дмитриева И.А. Автоматизированные банковские системы: архитектура, технологии, безопасность. СПб.: Питер, 2020. 312 с.
2. Поляков А.В. Моделирование бизнес-процессов предприятия: теория и практика. М.: Форум, 2020. 256 с. URL: https://www.forumbook.ru/catalog/econom/ekonomika_predpriyatiya/modelirovanie_biznes_protsessov_predpriyatiya_teoriya_i_praktika.html (Дата обращения 05.05.2025).
3. Честнов В.П. Сравнительный анализ нотаций для моделирования процессов: IDEF0, BPMN, EPC, UML // Вестник информационных технологий. 2023. № 4. С. 45–53. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54443722 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 004.457

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАКТОВ УДАЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗЛОУМЫШЛЕННИКА В ЖУРНАЛАХ СОБЫТИЙ WINDOWS

Лагунов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
lagunov@bmstu.ru
Янгель К.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
gluhov@bmstu.ru
Научный руководитель: Погорелко Е.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
pogorelko@bmstu.ru

В современном мире, где важную роль занимают информационные процессы, всё больше возрастает роль защиты информации, одним способов реализации которой является мониторинг информационной безопасности. Он заключается в анализе активности поднадзорных устройств и интерпретации событий в системе.

Одним из критичных для обеспечения безопасности действий является очистка записей в журналах событий Windows, которая может производиться злоумышленником для сокрытия «следов» своей деятельности. В международном сообществе в базе знаний MITRE ATT&CK для обозначения такой деятельности (тактики) присвоено обозначение T1070.001.

Источниками сведений о событиях Windows являются журналы событий: системные, безопасности, приложений, службы каталогов, службы репликации файлов, событий DNS.

В рамках исследования было выяснено, что основными способами в Windows, позволяющими очищать информацию в журналах событий, являются: обращение через

командную строку к wevtutil, использование командлетов Powershell «Clear-EventLog» и «Clear-WinEvent», вызов через инструмент администрирования wmic «ClearEventLog», а также воздействие непосредственно на файлы журналов событий.

Обнаружение перечисленных действий возможно производить как путём анализа непосредственно общих событий, так и при помощи специальных событий, генерируемых журналам. В журнале Security таким является событие с ID 1102 (устаревший идентификатор 517), в System – 104.

Поскольку в современном мире существует множество SIEM систем, являющихся основным средством сбора информации о событиях в системе, для стандартизации описания правил в сообществе придуман Sigma формат шаблонов, которые затем конвертируются в наборы условий, присущих синтаксису написания правил конкретной SIEM-системы.

Результатом исследования стало создание и тестирование шести Sigma правил, которые позволили обнаружить все описанные способы очистки журналов событий Windows.

В заключение стоит отметить, что следующим шагом в будущих исследованиях могло бы стать изучение способов реализации тактики через Windows API, что является перспективным направлением в области защиты информации.

Список литературы

1. MITRE ATT&CK – T1070.001. URL: https://attack.mitre.org/techniques/T1070/001/ (Дата обращения 05.05.2025).
2. Инструментарий управления Windows (WMI). WMIC. URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/wmisdk/wmic (Дата обращения 05.05.2025).
3. Sigma Rules. – URL: https://sigmahq.io/docs/basics/rules.html (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 623.74

РАЗРАБОТКА ПОДВЕСА НА БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ВЫСТРЕЛА ОСКОЛОЧНОГО ГРАНАТОМЕТНОГО

Пускин И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
ivan.puskin2006@gmail.ru
Научный руководитель: Мельниченко Д.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
mdv@bmstu.ru

В современной практике применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) актуальной задачей является расширение их функционала, в частности, оснащение системами для сброса боеприпасов. В данной работе представлена разработка подвеса для БПЛА, предназначенного для последовательного сброса 12 осколочных гранатометных выстрелов (ВОГ). Основное преимущество предложенного решения заключается в возможности сброса нескольких снарядов за один полет, что повышает эффективность использования дрона в условиях боевых действий. [1]

Анализ существующих систем сбрасывания показал, что большинство из них рассчитаны на сброс одного снаряда, что ограничивает их применение. Разработанный подвес обеспечивает надежность и защиту механизмов за счет их размещения внутри конструкции. [2] Для создания прототипа использовались программные средства T-FLEX CAD и Repetier-Host, а также язык программирования C++ для управления системой.

В ходе работы были рассмотрены различные варианты расположения ВОГ в подвесе, оптимальным из которых стало круговое размещение снарядов. Принцип сбрасывания основан на использовании сервопривода, который освобождает снаряд путем смещения

удерживающей вставки. [3] Проведены испытания опытного образца, выявившие необходимость корректировки размеров деталей для улучшения их совместимости.

Разработанный подвес готов к массовому применению и может быть использован для расширения функциональных возможностей БПЛА в различных сферах, включая военные операции и гражданские задачи.

Список литературы

1. Погорелов В.И. Беспилотные летательные аппараты: Нагрузки и нагрев. М.: Машиностроение, 2018. 184 с.
2. Яценков В.С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. СПб.: БХВ-Петербург, 2019. 320 с.
3. Брусов В.С., Петручик В.П., Морозов Н.И. Аэродинамика и динамика полёта малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. 256 с.

УДК 004.891.5

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ СО СЛУЧАЙНОЙ МУТАЦИЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

Тверетин П.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
tpa23u415@student.bmstu.ru
Трусов М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
tma23u427@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Погорелко Е.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
pogorelko@bmstu.ru

Генетические алгоритмы (ГА) представляют собой «эвристический метод» [1] оптимизации, основанный на моделировании механизмов биологической эволюции. В основу положены концепции «естественного отбора» [2], наследования и мутации, что позволяет рассматривать поиск решения как адаптацию «популяции» к окружающей среде (целевой функции). Каждое возможное решение кодируется в виде хромосомы, а качество определяется функцией приспособленности.

Генетические операторы играют важную роль в генетическом алгоритме. Кроссовер, или скрещивание, позволяет родителям обмениваться генетической информацией для создания новых потомков, что помогает улучшать качество решений. Мутация вносит случайные изменения в гены, поддерживая разнообразие и предотвращая застревание в локальных оптимумах. Замена поколений создает новую популяцию, сохраняя лучшие решения из предыдущего поколения, что способствует прогрессу. Критерий остановки определяет момент завершения работы алгоритма, когда достигается заданное качество решения, максимальное число поколений или наблюдается стагнация. Все эти операторы совместно делают генетический алгоритм эффективным инструментом для решения сложных задач.

В отличие от традиционных алгоритмов, работающих с одним кандидатом, ГА оперируют целой популяцией решений, что обеспечивает параллельный поиск в различных областях пространства. Популяционный подход повышает устойчивость к преждевременной сходимости и позволяет лучше сохранять разнообразие решений, что критично при наличии множества локальных экстремумов.

ГА не являются детерминированными: отбор, кроссовер и мутация выполняются с заданными вероятностями. Это позволяет алгоритму избегать зацикливания и исследовать разнообразные участки пространства решений. Однако высокая степень стохастичности требует тщательной настройки параметров — вероятностей операторов, размера популяции, числа поколений — для достижения устойчивой сходимости.

Процесс реализации ГА включает несколько ключевых этапов. Сначала происходит инициализация, на которой формируется начальная популяция, что часто осуществляется случайным образом или с учетом априорных знаний. Затем следует этап оценки приспособленности, на котором вычисляются значения целевой функции для каждого индивида в популяции. После этого осуществляется селекция, в ходе которой выбираются родители для скрещивания на основе их приспособленности. Для этого могут использоваться различные методы, такие как рулетка, турнир и другие.

В ходе научной работы были применены различные технологии, каждая из которых сыграла важную роль в реализации проекта. «Docker» [3] позволил упаковать приложения и их зависимости в изолированные контейнеры, обеспечивая портативность и упрощение развертывания. С помощью Docker Compose мы управляли многоконтейнерными приложениями, что упростило настройку и запуск сервисов, а также автоматизировало создание сетей для их взаимодействия. Python стал основным языком разработки благодаря своей универсальности и богатой экосистеме библиотек, что облегчило поддержку проекта. Git использовался для контроля версий, позволяя отслеживать изменения и эффективно управлять совместной работой разработчиков. Возможности ветвления и слияния сделали процесс разработки более организованным. PostgreSQL обеспечила надежное хранение и управление данными, используя реляционную модель и SQL, продемонстрировав высокую производительность и безопасность. Все эти технологии сделали нашу работу более эффективной и структурированной.

Список литературы

1. Мицель А.А. Эвристические методы оптимизации. Т.: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2022. 73 с.
2. Курейчик В.М., Курейчик В.В., Гладков Л.А. Генетические алгоритмы. М.: Физматлит, 2010. 368 с.
3. Ананченко И.В., Зудилова Т.В., Иванов С.Е. Контейнеризатор приложений Docker - установка, настройка, основы управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации. СПб.: ИТМО. 57 с.

РАЗДЕЛ «КАЛУЖСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА»

УДК 621.2-76

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНОПЛАСТОВ И КОМПАУНДОВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Васильев Н.Т., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
kiritokusaki@mail.ru
Геращенко А.Е., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
nekros.praim@yandex.ru
Научные руководители: Андреев В.В., д.т.н., профессор, зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»;
Лыков Д.А., ст. преподаватель
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
lykov@bmstu.ru

В работе представлен сравнительный анализ пенопласта ПЭН-У-300 и компаунда ПЭК-74, применяемых для герметизации электронных изделий. Рассмотрены их физико-механические, теплоизоляционные, диэлектрические свойства, химическая и температурная стойкость. ПЭН-У-300 обладает высокой плотностью (220–320 кг/м³), что обеспечивает значительную механическую прочность. Его прочность при сжатии составляет 3,5–5,0 МПа, при изгибе — 3,6–5,0 МПа. ПЭК-74 менее плотен и легче, но уступает в прочности.

Оба материала имеют хорошие теплоизоляционные характеристики (λ = 0,05–0,06 Вт/(м·К)). По влагостойкости ПЭН-У-300 показывает водопоглощение 0,045 кг/м² за 24 ч, что делает его устойчивым к влаге. Диэлектрическая проницаемость ПЭН-У-300 — 1,4–1,6 при 10^6 Гц, потери составляют $5 \cdot 10^3$, что позволяет применять его в качестве электроизоляционного материала.

Температурный диапазон эксплуатации ПЭН-У-300 составляет от –60 до +100 °С, термодеструкция — до +200 °С. ПЭК-74 имеет меньшую термостойкость, однако продемонстрировал лучшую устойчивость к резким температурным перепадам. В эксперименте с нагревом до +60 °С и последующим охлаждением до –60 °С ПЭН-У-300 покрылся трещинами, тогда как ПЭК-74 остался целым.

Таким образом, ПЭН-У-300 целесообразно применять в условиях высоких механических и электрических нагрузок, а ПЭК-74 — при перепадах температур и меньших механических требованиях. Материалы дополняют друг друга в разных эксплуатационных средах.

Список литературы

1. ПЭН-У | купить по цене производителя | Полико. URL: https://plkpp.ru (Дата обращения 21.03.2025).
2. Пенокомпаунд ПЭК-74. URL: https://himmax.ru (Дата обращения 21.03.2025).
3. Компаунды и герметики. URL: https://pentasever.ru (Дата обращения 21.03.2025).

УДК 621.317

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ОПОРНОГО ТОКА

Гришин Г.К., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
grishingk@bmstu.ru
Кузин М.М., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
matvey.kuzin.19@mail.ru
Научный руководитель: Андреев Д.В., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
dmitrii_andreev@bmstu.ru

В работе рассматриваются особенности проектирования источника опорного тока, включая применение многоэмиттерных транзисторов и резисторов с лазерной подгонкой.

Целью данной работы является описание особенностей проектирования схемы источника опорного тока.

Разрабатываемая схема является температурной стабильной в диапазоне температур от $-60°C$ до $125°C$. [1]

В разрабатываемой схеме может быть реализовано два способа подгонки: за счёт изменения сопротивления резисторов и за счёт изменения площади эмиттера. Эти особенности введены ввиду возможной неидеальности технологического процесса и вероятного разброса параметров транзисторов.

Метод лазерной подгонки заключается в нагревании и последующем испарении резистивного материала с помощью воздействия мощного импульса лазерного излучения. Сопротивление резистора после подгонки увеличивается, соответственно, при проектировании следует это учитывать и разрабатывать резистор с заведомо меньшим сопротивлением. [2]

Резисторы 5 и 6 являются подгоняемыми. До процедуры лазерной подгонки резисторы имеют следующие номиналы: $R_5 = 3$ кОм, $R_6 = 10$ кОм.

Исследования характеристик резисторов при лазерной подгонке с разными формами реза приведены в работе [3]. В работе определены режимы подгонки тонкопленочных резисторов, не приводящие к последующей деградации.

Моделирование направлено на получение работоспособной модели разрабатываемого источника опорного тока, а также на подбор возможных сопротивления резисторов R5 и R6 в ходе лазерной подгонки.

В случае, если технологического разброса резисторов недостаточно для получения номинального значения выходного тока используется метод подгонки схемы с помощью изменения площади эмиттера. При уменьшении площади эмиттера увеличивается плотность тока, проходящего через него, что влечёт за собой уменьшения тока в ветви.

В разрабатываемой схеме реализован многоэмиттерный транзистор, необходимый для подгонки такого вида, используются два таких транзистора, включенных параллельно друг другу. Таким образом суммарное количество эмиттеров – 8.

Данный способ подгонки проводится перед лазерной подгонкой резисторов, так как вносит существенные коррективы в выходной ток. Преимуществом использования данного способа является возможность сместить начальную точку номинала выходного тока перед подгонкой, что позволяет упростить лазерную подгонку резисторов.

Лазерная подгонка в данном методе проводилась лишь в экспериментальных целях. При производстве лазерная подгонка по металлу применятся в случае подгонки с помощью резки перемычек. Такой способ является более грубым и для его реализации требуются большие площади на кристалле.

В разрабатываемой схеме реализация данного метода осуществляется путём изменения фотошаблона металла, что, в случае ошибки в проектировании, позволяет существенно удешевить процесс исправления схемы.

При проектировании схемы потребовалось использовать все 8 эмиттеров, чтобы технологический разброс резисторов обеспечивал полное покрытие всех требований к подгонке токов в ветвях схемы.

В ходе работы проведено моделирование разрабатываемой схемы источника опорного тока, подобраны номиналы подгоняемых резисторов, описана возможность альтернативного способа подгонки схемы с помощью изменения площади эмиттера.

Список литературы

1. Гришин Г.К., Борисов Е.О., Андреев Д.В. Исследование температурной зависимости источника опорного тока REF200 // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе : материалы конференции (Калуга, 23-25 апреля 2024 года): в 2 т. / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский филиал МГТУ имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. С. 234-240

2. Бурухин М.К., Рыжов С.В., Андреев Д.В., Романов М.В. Метод электрической подгонки ИМС на основе пережигаемых поликремниевых перемычек // Вестник РГРТУ. 2023. Т. 86. № 2. С. 186-195. – DOI: 10.21667/1995-4565-2023-86-186-195.

3. Андреев Д.В., Лутовин Е.А. Исследование деградационных процессов в ИС операционных усилителей при подгонке тонкопленочных резисторов // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2019. № 1 (23). С. 119-125.

УДК 621.317

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПАРАТОРА НА ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИХ СТАБИЛЬНОСТЬ

Лыков А.Д., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
lyykovad@student.bmstu.ru
Научные руководители: Андреев В.В., д.т.н., профессор, зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
vladimir_andreev@bmstu.ru;
Полпудников С.В., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
polpud@bmstu.ru

Компаратор – это прибор для сравнения двух или нескольких напряжений с определенной точностью и выдачи результата с минимальной задержкой.

Схема компаратора сравнивает два напряжения и выводит либо 1 (напряжение на положительной стороне), либо 0 (напряжение на отрицательной стороне), чтобы указать, какое из них больше. Компараторы часто используются, например, для проверки того, достиг ли вход некоторого предопределенного значения[1].

Опишем работу компаратора(аналог зарубежного компаратора NE527), разделив схема на функциональные блоки:

1. Аналоговые входы и дифференциальные усилители:
1) Аналоговые входы 1 и 2: Подают напряжения, которые необходимо сравнить.

2) Дифференциальные усилители: Эти каскады являются основой схемы. Они усиливают разность потенциалов между аналоговыми входами. На транзисторах образуется первый дифференциальный усилитель, обрабатывающий вход 1. Транзисторы образуют второй дифференциальный усилитель для входа 2.Нагрузочные резисторы: Эти резисторы создают смещение и определяют усиление дифференциальных усилителей. Их значения задают чувствительность компаратора к разнице входных напряжений.2. Уровнеустанавливающие схемы: Эти схемы устанавливают пороговые уровни напряжения для срабатывания выходных каскадов. Они являются ключевыми элементами, определяющими, при какой разнице напряжений на входах произойдет переключение выхода. Напряжение на коллекторах определяет порог срабатывания первого канала. 3. Логические входы :1) Логические входы (1 и 2): Эти входы позволяют управлять работой компараторов. Низкий уровень на стробе блокирует соответствующий выход, а высокий уровень разрешает его работу. Это позволяет синхронизировать работу компаратора с другими частями системы.4. Выходные каскады: Транзисторы и являются эмиттерными повторителями, которые обеспечивают согласование с нагрузкой и формируют ТТЛ-совместимые сигналы на выходах 1 и 2. Схема построена таким образом, что выходы противофазны: если на одном выходе высокий уровень, то на другом — низкий, и наоборот. Резисторы определяют токи и уровни выходных сигналов.5. Источники питания:1) +Ucc1 (Положительное напряжение питания): Питает всю схему.2) -Ucc2 (Отрицательное напряжение питания): Обеспечивает симметричное питание, необходимое для корректной работы дифференциальных усилителей.

Работа схемы: 1. Сравнение аналоговых сигналов: Дифференциальные усилители усиливают разность между аналоговыми входами. 2.Срабатывание уровнеустанавливающих схем: Если разность напряжений на входах превышает установленный порог, соответствующая уровнеустанавливающая схема изменяет своё состояние. 3. Разрешение выходов (Стробы): Если логический вход (строб) высокого уровня, выходной каскад реагирует на состояние уровнеустанавливающей схемы и формирует соответствующий выходной сигнал.4. Формирование выходных сигналов: Выходные каскады формируют противофазные ТТЛ-совместимые сигналы.

Был представлен результат моделирования в программе Multisim - график времени перехода при выключении интегральной микросхемы (быстродействующий компаратор). Полученные значения позволяют сделать вывод, что t_{DLH} составляем порядка 25нс, что является важным параметром для компаратора, характеризующим быстродействие и стабильность работы интегральной микросхемы [2].

Рассмотрели влияние слоя глубокого коллектора на изменения токов потребления компаратора.

Ток потребления(I_{CC}) - значение тока, потребляемого интегральной микросхемой от источника питания.

Напряжение питания(U_{CC}) - Значение напряжения источника питания, обеспечивающего работу интегральной микросхемы в заданном режиме.

Результаты показывают, что токи потребления Icc1 и Icc2 почти одинаковы и слабо зависят от напряжения питания. В диапазоне напряжений от 5 В до 10 В токи потребления остаются практически постоянными. С увеличением напряжения до 5 вольт наблюдается нелинейный рост потребляемого тока. График демонстрирует низкое потребление тока компаратора, эта характеристика важна для устройств, где энергопотребление является критическим фактором[3].

Список литературы

1. Абрамов И.И., Дворников О.В. Тенденции и проблемы проектирования прецизионных аналоговых интерфейсов. // Нано и микросистемная техника. 2005. № 10. С. 23–35.

2. Stefanovic D., Kayal M. Structured Analog CMOS Design. Springer, 2008. 290 p. URL: https://picture.iczhiku.com/resource/eetop/SYkRLIljeUzPWNMN.pdf (Дата обращения

05.05.2025)
3. Андреев В.В., Жалнин В.П., Столяров А.А. Физические основы микро- и наноэлектроники. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. 292 с. URL: https://e-learning.bmstu.ru/iu4/course/view.php?id=16 (Дата обращения 05.05.2025)

УДК 621.3.049.774

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПРОЯВИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО РЕЛЬЕФА В ФОТОЛИТОГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Перевозчикова Д.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Информатика и управление»
perevozcikovadara10888@gmail.com
Научный руководитель: Андреев В.В., д.т.н., профессор, зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
vladimir_andreev@bmstu.ru

Фотолитографические операции играют ключевую роль в обеспечении высокого качества изготовления интегральных микросхем. Процесс литографии включает в себя несколько важных этапов, среди которых особое место занимает использование фоторезиста. Фоторезист наносится на подложку, после чего подвергается воздействию ультрафиолетового излучения через маску. Чтобы удалить лишний фоторезист и оставить только необходимые участки, используется химический раствор — проявитель. Состав проявителей играет решающую роль в точности формирования микрорельефа. При использовании позитивного фоторезиста проявители используются для удаления тех участков фоторезиста, которые подверглись воздействию света, при этом оставляя на подложке лишь те участки, которые не подвергались экспонированию. Для эффективной работы проявителя, необходимо чтобы скорость растворения засвеченных участков преобладала над скоростью растворения участков, не подвергшихся действию ультрафиолета. Чем больше будет разница между ними, тем точнее будет перенос изображения на пластину. Этот эффект может быть также достигнут оптимизацией индукционного периода, то есть увеличением времени в течение которого необлученные участки пленки не демонстрируют внешне обнаруживаемых признаков взаимодействия с проявителем [1]. Профиль пленки фоторезиста также зависит от метода экспонирования, поскольку разные методы накладывают свои требования к составу проявителя.

Контактный метод экспонирования определяется небольшой мощностью засветки, однако благодаря, тому что процесс проводится по всей пластине одновременно, позволяет увеличить время экспонирования и вместе с ним дозу облучения. Контактное экспонирование позволяет получить резкое и четкое изображение, поскольку фотошаблон плотно прижат к пластине. Перенос изображения производится по всей пластине одновременно и с минимальными искажениями [2]. Особенности процесса позволяют использовать слабые или средние проявители, которые позволяют избежать подтраливания.

Проекционная фотолитография характеризуется большей мощностью засветки, но из-за пошагового метода экспонирования не позволяет сильно увеличивать время засветки, так как это сильно увеличит время обработки пластины. Поэтому доза облучения у этого метода меньше чем при контактной фотолитографии. Четкость изображения варьируется в зависимости от качества настройки оптических систем. Особенности процесса требуют применения более агрессивных проявителей, чем при контактной фотолитографии.

Различия между сильным и слабым проявителем заключается в их химическом составе, который влияет на скорость растворения и селективность, а также на профиль фоторезиста. Слабые проявители содержат низкую концентрацию активного вещества (в случае для

позитивных фоторезистов это щелочные растворы), которые позволяют понизить скорость растворения, обеспечивая медленный и контролируемый процесс. При использовании слабых проявителей уменьшается риск переэкспонирования, поскольку проявление позволяет откорректировать процесс, также при использовании слабых проявителей процесс менее чувствителен к адгезии фоторезиста к подложке. Сильные проявители содержат высокие концентрации активного вещества, что ускоряет проявление и делает процесс менее контролируемым. Такие проявители имеют высокую скорость проявления, позволяют компенсировать размытость изображений при экспонировании и улучшить воспроизведение мелких деталей.

Кроме активного вещества в состав проявителей добавляют различные добавки для улучшения необходимых характеристик. Например, смачиватели, которые улучшают равномерность проявления, предотвращают образование пузырей, их применяют при работе с мелкими структурами. Для улучшения селективности может применяться изопропиловый спирт, однако при большой концентрации он может вызывать нежелательные химические реакции и способствовать нестабильности рисунка. Для снижения чувствительности процесса ко времени проявления используют буферные вещества.

Вывод: Состав проявителя значительным образом влияет на качество воспроизводимого рельефа. Состав проявителя во многом подбирается в зависимости от особенностей процессов нанесения и экспонирования, а также исходя из требований, предъявляемых к кристаллу микросхемы в целом.

Список литературы

1. Кручинин Д.Ю., Фарафонтова Е.П. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 54 с.
2. Андреев Д.В., Курносенко А.Е., Макарчук В.В., Соловьев В.А. Технологические процессы изготовления электронной компонентной базы приборостроения: учеб. пособие. Т. 1. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. 338 с.

УДК 621.3.049.774

ЗАВИСИМОСТЬ КМОП ТРАНЗИСТОРА ОТ ЭНЕРГИИ ИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ОБЛАСТИ СТОКА И ИСТОКА

Радзышевская В.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»,
vikuharad13@gmail.com
Научный руководитель: Андреев В.В., д.т.н., профессор, зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»

Ионная имплантация — это процесс, при котором атомы примеси внедряются в кристаллическую решетку полупроводника с целью изменения его электрических свойств. Ключевыми параметрами ионного легирования являются энергия и доза ионов. Энергия – это величина, с которой примесь бомбардирует поверхность. Доза ионов — количество ионов, которое проходит через единицу площади поверхности материала. Большое значение энергии ионов способствует более глубокому проникновению загоняемой примеси в материал, что может приводить к более выраженным изменениям свойств изделия. В ходе ионного легирования могут возникать различные виды дефектов, которые существенно сказываются на качестве и характеристиках микросхемы.

Основными примесями для кремниевых полупроводниковых пластин в процессе ионного легирования являются бор и фосфор. Бор используется для создания полупроводников p-типа (p-канальных), а фосфор для создания n-типа (n-канальных) полупроводников. Во время внедрение ионов может произойти повреждение решетки, что

спровоцирует образование дефектов, смещений и др. Дефекты оказывают значительное влияние на параметры и характеристики микросхем, что в итоге приводит к ухудшению их свойств. Эти преобразования могут изменить электрические свойства изделия, среди них и пороговое напряжение [1].

Пороговое напряжение – это напряжение, при котором канал между истоком и стоком начинает проводить ток. Этот параметр критически важен, так как именно от него зависит включение и выключение устройства. Пороговое напряжение транзистора определяется количеством носителей заряда в канале. Если процесс ионного легирования проводился эффективно, то это может привести к увеличению концентрации носителей, что в свою очередь понижает пороговое напряжение. Энергия, используемая при ионном легировании, сильно влияет на кристаллическую решетку полупроводника.

Если значение порогового напряжения будет ниже допустимого, транзистор может включаться при меньшем напряжении, что может приводить к «паразитным» состояниям, и в последствии вызвать неустойчивую работу и «шум» в сигнале. Если значение порогового напряжения выше нормы, транзистор может не включаться при предполагаемых уровнях сигнала, что приведет к потере функциональности и разрушению логики схемы. Отклонение порогового напряжения от допустимого диапазона может повлиять на скорость переключения транзистора: высокое может замедлить процесс включения и выключения. В исследуемой микросхеме значение порогового напряжения должно быть 1-1,5 В [1].

В ходе исследования замеры снимались с пластины-спутника, повторяющей структуру полевого транзистора. В процессе анализа получившихся параметров, включая поверхностное сопротивление, был сделан вывод о том, что ионы примеси благодаря сильной энергии имплантации смогли пробиться сквозь подзатворный диэлектрик, образуя паразитный канал в транзисторе между стоком и истоком, что нарушает работоспособность микросхемы.

Путем оптимизации процесса имплантации, то есть подбором необходимых параметров, позволяющих уменьшить количество дефектов получилось сохранить необходимые параметры микросхемы в нужном диапазоне значений.

Для снижения негативного влияния оказываемого на характеристики микросхем применяют отжиг при 1000°С. Данный метод позволяет минимизировать возникшие при ионной имплантации дефекты, устранить нежелательные напряжения в материале и восстановить кристаллическую структуру полупроводника, а также равномерно распределить атомы примеси.

Выводы: Высокая энергия ионного легирования сток-истоковых областей МОП транзисторов может привести к повреждению структуры кристалла и увеличению концентрации дефектов, что может повлиять на электрические характеристики и соответственно пороговое напряжение. Для достижения необходимых характеристик транзисторов важно оптимизировать процесс ионного легирования, чтобы контролировать влияние на пороговое напряжение и обеспечить стабильную работу устройства. Подбор правильного метода устранения дефектов и контроль процесса позволяют повысить выход годных и надежность КМОП интегральных микросхем.

Список литературы

1. Андреев В.В., Барышев В.Г., Бондаренко Г.Г., Столяров А.А., Шахнов В.А. Исследование зарядовой деградации МДП-структур в сильных электрических полях методом управляемой токовой нагрузки // Микроэлектроника. 2000. Т. 29. № 2. С.105-112.

УДК 621.383

КОРРЕКЦИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Цирульников И.Ю., студент
Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
tsirulnikoviyu@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Андреев Д.В., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»

Фотоприемные устройства (ФПУ) предназначены для детектирования оптического сигнала, преобразования его в электрический и проведения последующего усиления, фильтрации и иных преобразований [1]. Исследуемое в настоящей работе ФПУ разработано для обнаружения сигналов в диапазоне видимого и инфракрасного излучения. При этом длительность импульсов лежит в пределах от 5 нс до 100 нс. Подобные результаты возможны благодаря использованию кремниевого фотодиода (ФД) со структурой p-i-n, обладающего быстродействием и линейностью достаточными для регистрации сигнала с подобными параметрами.

Учитывая особенности используемого ФД, заключающиеся в большой величине темнового тока, паразитного сопротивления и емкости, усилительная схема должна обеспечивать наибольшую возможную амплитуду выходного сигнала при минимально возможной величине шума для улучшения порога чувствительности ФПУ.

В большей степени выполнение данных требований обеспечивается связкой входного каскада усилителя с ФД, для чего был выбран малошумящий СВЧ транзистор 3П344Б, включенный по схеме с общим истоком. По величине ток утечки затвора данного транзистора близок к темновому току ФД и не превышает его. Также транзистор имеет крутизну характеристики не менее 15 мА/В и коэффициент шума не более 1 дБ, что обеспечивает достаточное усиление, низкий уровень шума и согласование по шумам с последовательно включенным далее преобразователем тока в напряжение, построенном на биполярных транзисторах 2Т3191А91 и 2Т3187А91. Данная часть схемы позволяет уменьшить шунтирующее влияние емкости ФД для малых длительностей импульсов [2-3].

Для уменьшения входного сопротивления схемы, являющегося одним из источников шума ФПУ, применяется цепь отрицательной обратной связи (ООС), состоящая из резистора номиналом 2,4 кОм и конденсатора номиналом 2 пФ. С ее помощью коэффициент передачи усилителя K определяется как отношение выходного напряжения $U_{вых}$ ко входному току $I_{вх}$ согласно формуле (1).

$$K = I_{вх} Z_{ООС} = U_{вых} / I_{вх} \quad (1)$$

При увеличении сопротивления ООС $Z_{ООС}$ увеличивается K. Однако, чрезмерный рост $Z_{ООС}$ приведет к увеличению входного сопротивления схемы и влияния паразитной емкости. Для изучения этого влияния и способов его компенсации необходимо построение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) ФПУ с последующим подбором параметров цепи ООС. С этой целью в САПР NI Multisim 12.0 была построена модель ФПУ с использованием аналогов электронных компонентов из встроенной библиотеки и заменой ФД эквивалентной схемой, учитывающей особенности его структуры [3].

Для проведения анализа были построены две АЧХ: для коэффициента передачи усилителя без учета паразитного влияния ФД (отношение выходного напряжения к ко входному току усилителя, поступающему на затвор входного полевого транзистора) и для коэффициента передачи с учетом этого влияния (отношение выходного напряжения к ко входному току, всей схемы, поступающему с ФД).

Полученные графики показали, что нижняя граничная частота по уровню 0,7 $f_H \approx 3$ кГц, а верхняя граничная частота – $f_B \approx 33$ МГц. При этом на графике АЧХ, учитывающем ФД, наблюдается подъем при частоте выше 2 МГц, пик которого приходится на 5 МГц. Следовательно, при повышении частоты принимаемой импульсной последовательности присутствует высокая вероятность возникновения колебаний выходного сигнала с последующей генерацией.

Для устранения подъема АЧХ необходима коррекция сопротивления цепи ООС в области высоких частот. Наиболее простым способом будет увеличение емкости обратной связи, поскольку она не приведет к изменению величины K. Было выявлено, что оптимальная величина емкости составляет 4,7 пФ.

Исходя из результатов повторного моделирования можно сделать вывод о том, что увеличение емкости цепи ООС позволило сгладить АЧХ и повысить стабильность работы ФПУ в области высоких частот. Однако, это также привело к уменьшению верхней граничной частоты до уровня 14 МГц.

Список литературы

1. Тришенков М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. Обнаружение слабых оптических сигналов. М.: Радио и связь, 1992. 400 с.
2. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. / Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: «Энергия», 1977. 672 с.
3. Andreev D.V., Bondarenko G.G., Andreev V.V., Stolyarov A.A. Modification of thin oxide films of MOS structure by high-field injection and irradiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference on Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials 2015 (RTEP2015) (Tomsk, 31 August - 10 September, 2015), 2016. V. 110. DOI: 10.1088/1757-899X/110/1/012041.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИНФОРМАЦИОННО - ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ»

УДК 004.94

ПОСТРОЕНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ YOUTUBE-КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Джанаев К.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
karim-2018@yandex.ru
Тихонов Н.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
tikhonovna@student.bmstu.ru
Научные руководители: Ильичев В.Ю., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ilyichev.vyu@bmstu.ru;
Чухраев И.В., к.т.н., зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
chukhraev@bmstu.ru

В работе предложен метод построения рейтинговой системы для анализа эффективности YouTube-каналов на основе трёхмерной кластеризации ключевых показателей с последующей 3D-визуализацией, что актуально в условиях роста медиаконтента и необходимости объективного сравнения каналов [1].

Предварительная обработка данных включает преобразование исходных статистик в числовой формат, фильтрацию аномальных значений (1 % крайних) и удаление записей с некорректным параметром channelelapsedtime, что обеспечивает качество входных данных при кластерном анализе [2].

Для оценки активности каналов введены три нормализованные метрики: средние дневные просмотры (*average_daily_views*), частота загрузок (*upload_frequency*) и просмотры на подписчика (*views_per_subscriber*). Приведение признаков к единому масштабу с помощью StandardScaler устраняет влияние разницы в размерности показателей.

Оптимальное число кластеров (k = 3) определяется методом «локтя» и показателем silhouette score, после чего каналы сегментируются на лидеров (высокая динамика просмотров и вовлечённость), средние (умеренные показатели) и начинающие (низкие метрики) [3].

Для наглядного сравнительного анализа построен 3D scatter-plot средствами matplotlib, позволяющий выявить скрытые закономерности в распределении каналов и повысить информативность результатов кластеризации [1].

Список литературы

1. Хасти Т., Тибширани Р., Фридман Дж. Элементы статистического обучения: анализ данных, выводы и прогнозирование. Нью-Йорк: Springer, 2009. 745 с.
2. Бишоп К.М. Распознавание образов и машинное обучение. Нью-Йорк: Springer, 2006. 738 с.
3. Джайан А.К. Кластеризация данных: 50 лет после метода K-средних // Pattern Recognition Letters. 2010. Т. 31. № 8. С. 651–666.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ GITHUB ПРОЕКТОВ ПО СТАДИЯМ РАЗВИТИЯ

Джанаев К.С., студент
КФ МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
karim-2018@yandex.ru
Тихонов Н.А., студент
КФ МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
tikhonovna@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Ильичев В.Ю., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ilyichev.vyu@bmstu.ru
Научный руководитель: Чухраев И.В., к.т.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
chukhraev@bmstu.ru

Современные платформы для совместной разработки, такие как GitHub, являются основным источником открытых данных о программных проектах. Помимо анализа загруженных в репозитории материалов, GitHub предоставляет возможность исследовать динамику развития, оценивать популярность и выявлять закономерности жизненных циклов проектов. Кластеризация проектов по стадиям (библиотека, прототип, инструмент) позволяет глубже понять их эволюцию и оптимизировать процессы поддержки open source программного обеспечения [https://habr.com/ru/companies/inDrive/articles/587104/].

Настоящее исследование посвящено разработке методики кластеризации GitHub-проектов с использованием датасета с сайта Kaggle.com. В работе описаны этапы обработки данных, применение алгоритма k ближайших соседей (KNN) и визуализация результатов. Теоретическая база основывается на работах по анализу репозиториев и их эволюции.

Большинство существующих исследований опираются на статистику: распределение активов, типы проектов (личные или организационные), сроки активности и т.д. Например, анализ показывает, что более половины проектов прекращают активность в течение первых четырёх лет, а вероятность выживания после пятого года снижается ниже 50% [1, 2]. Однако статистические методы ограничены: они не дают возможности выявить качественные стадии развития на уровне отдельных репозиториев.

Кластеризация позволяет: Выявить скрытые закономерности в данных; Адаптивно обрабатывать разнородные показатели; Визуализировать границы классов;
Применять результаты на практике для прогнозирования и поддержки проектов.

Метод кластеризации позволяет классифицировать проекты по числовым признакам (stars, forks), выделяя стадии их развития. Зрелые библиотеки, как правило, имеют высокий рейтинг, а инструменты — большое число форков. Прототипы характеризуются меньшими показателями. KNN эффективно разделяет проекты, используя простую метрику — евклидово расстояние[3].

Для исследования использован датасет Kaggle [https://www.kaggle.com/datasets/nikhil25803/github-dataset/data], включающий показатели звёзд (stars_count) и форков (forks_count).

На основе этих признаков выделены три типа проектов: Тип 0 (Library): stars_count > 175000, Тип 1 (Tool): forks_count > 20000,Тип 2 (Prototype): остальные.

Процедура кластеризации включала: Присвоение типов проектам; Отбор случайной выборки по 10 репозиториев каждого типа; Классификацию тестовой выборки с помощью KNN; Визуализацию результатов с цветной заливкой границ классов.

Алгоритм реализован на Python с использованием Pandas, Numpy, Random, Math, визуализация — через Matplotlib. Балансировка выборки по типам обеспечила корректность и наглядность кластеризации.

Визуализация результатов подтверждает эффективность выбранного метода. Кластеры отражают особенности каждого типа репозиториев, что делает возможным дальнейший анализ динамики их развития. В отличие от чисто статистических подходов, кластеризация с применением алгоритма KNN позволяет глубже понять структуру и этапы эволюции GitHub-проектов, что имеет прикладное значение для поддержки open source инициатив.

Список литературы

1. Peterson K. The GitHub Open Source Development Process. / ResearchGate. С. 8–10. URL: https://www.researchgate.net/publication/259217367_The_GitHub_Open_Source_Development_Process (Дата обращения 28.04.2025).
2. Ait A., Cánovas Izquierdo J.L., Cabot J. An empirical study on the survival rate of GitHub projects // MSR ’22: 19th International Conference on Mining Software Repositories. (Pittsburgh, May 23–24, 2022). DOI: 10.1145/3524842.3527941.
3. Kern M., Landauer M., Skopik F., Weippl E. Identifying threat detection resources on GitHub: scalable clustering using machine learning techniques. DOI: 10.21203/rs.3.rs-5664665/v1.

УДК 004.62

ВЫБОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Медведев Д.И., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
dmitriy.medvedev.work@yandex.ru
Научный руководитель: Ильичёв В.Ю., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ilyichev.vyu@bmstu.ru

Современные цифровые платформы активно используют рекомендательные системы, основанные на коллаборативной фильтрации, которая анализирует предпочтения пользователей для персонализации контента. Применение методов машинного обучения для разработки коллаборативных рекомендательных систем способны быстро обрабатывать большие объемы данных, обеспечивают высокую точность рекомендаций и способны выявлять скрытые закономерности. В работе исследуются три метода: k-ближайших соседей (kNN), матричная факторизация и наивный байесовский классификатор.

Метод k-ближайших соседей – это алгоритм классификации и регрессии, основанный на гипотезе компактности, которая предполагает, что расположенные близко друг к другу объекты в пространстве признаков имеют схожие значения целевой переменной или принадлежат к одному классу [1]. Для его реализации используются меры сходства, такие как коэффициент Отиаи, корреляция Пирсона и евклидово расстояние. Преимущества метода включают отсутствие необходимости обучения и высокую точность при правильно выбранных параметрах. Однако kNN чувствителен к разреженности данных, что снижает его эффективность.

Метод матричной классификации основан на декомпозиции матрицы взаимодействий пользователей и объектов в произведение двух матриц меньшей размерности, что позволяет выявить скрытые (латентные) факторы, описывающие как пользователей, так и объекты.

Алгоритм Trancated SVD является подвидом алгоритма SVD и одним из основных алгоритмов реализации матричной факторизации [2]. Метод обеспечивает точные

рекомендации даже при отсутствии явных оценок, но требует выбора оптимального числа латентных факторов. Формула разложения матрицы (1):

$$R \approx U_k S_k V_k^T \quad (1)$$

Наивный байесовский классификатор — вероятностный классификатор на основе формулы Байеса (2) со строгим (наивным) предположением о независимости признаков между собой при заданном классе [3]. Метод вычисляет апостериорную вероятность принадлежности объекта к классу (например, «нравится» или «не нравится»). Преимущества включают простоту реализации и устойчивость к выбросам, однако точность снижается при нарушении предположения о независимости признаков.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (2)$$

Для сравнения методов машинного обучения построены 3 user-based рекомендательных системы. Для них сгенерирован датафрейм на 100 пользователей по 500 элементов. Оценки находятся в диапазоне [0;5], где 0 означает, что элемент не оценен. Датафрейм разделён на обучающую и тестовую выборки в соотношении 75/25 процентов.

Сравнение результатов работы рекомендательных систем проводится с помощью оценки средней абсолютной ошибки MAE, средней квадратической ошибки. Результаты работы рекомендательных систем показали, что для разработки коллаборативной рекомендательной системы лучше всего подходит применение метода матричной факторизации, поскольку он наиболее адекватно предсказывает оценки пользователей при достаточно низкой ошибке прогноза.

Список литературы

1. Метод K-ближайших соседей (KNN). Принцип работы, разновидности и реализация с нуля на Python. URL: https://habr.com/ru/articles/801885/. (Дата обращения 15.02.2025)
2. Метрические методы. URL: https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/metricheskiye-metody (Дата обращения 15.02.2025)
3. Наивный байесовский классификатор. Основная идея, модификации и реализация с нуля на Python. URL: https://habr.com/ru/articles/802435/ (Дата обращения 10.03.2024).

УДК 004.6

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТБОРА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ РАЗМЕРНОСТИ ДАННЫХ

Морозова В.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»,
morozovavs@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Ильичёв В.Ю., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ilyichev.vyu@bmstu.ru

Большие наборы данных состоят из огромного количества релевантных и нерелевантных признаков, следовательно, время прогнозирования для обработки набора данных увеличивается. При выборе признаков извлекаются наиболее релевантные признаки, которые называются подмножествами для прогнозирования, что позволяет сократить время вычислений [1]. В машинном обучении для уменьшения набора признаков следующие методы: выбор на основе фильтров, метод обёртывания, встроенные методы, редукция размерности, гибридные методы [2].

Основной целью прогнозирования является оценка будущих значений на основе исторических данных, которые могут быть собраны в разное время. Цель прогностической модели машинного обучения состоит в том, чтобы угадать метки в данных. Метки — это особенные признаки, которые могут быть разными в зависимости от задачи. Прогнозирование строится на основе данных, изменяющихся в течение времени[3].

Выбор признаков включает в себя составление подмножества набора признаков в соответствии с такими целями, как максимизация эффективности регрессии и/или минимизация времени вычисления регрессии заранее определенного набора данных в определенной момент времени. Оптимизация размера набора признаков требует баланса между сохранением информативности и упрощением модели.

В высокоразмерных данных набор признаков обычно слишком велик, чтобы сравнивать все возможные подмножества, следовательно, необходимы алгоритмы, которые учитывают не только уменьшение признаков, но и время начала предсказания, так как время работы алгоритма представляет собой сумму времени начала и времени выполнения. Раннее предсказание метки в наборе данных в текущий момент времени имеет несколько целей: максимизация эффективности прогнозирования и минимизация времени прогнозирования.

Рассмотрим влияние фактора времени начала отбора признаков при уменьшении набора признаков, на точность прогнозирования. Данные получены из базы данных в результате парсинга с нескольких интернет-ресурсов.

В эксперименте для прогнозирования используется: вычисление начала времени выполнения отбора признаков, общее время, затраченное на прогнозирование, отбор признаков с помощью PCA. Для формирования математической модели используется временной ряд данных с n количеством признаков. Для каждого набора данных есть своя метка, которую необходимо получить в ходе вычислений. После получения набора данных выстраивается временной ряд с отобранными признаками, где для модели выстраиваются веса α, β в зависимости важности точности и времени. В итоге функция учитывает в себе сумму ошибки и начального времени. Задача заключается в выборе подмножества признаков (подмножество из исходных признаков), которое минимизирует некоторую комбинацию ошибки предсказания и времени, затраченного на отбор признаков. Для проведения эксперимента использовались: более 5000 значений данных, библиотеки sklearn, matplotlib, pandas в Python. Среднеквадратичная ошибка для модели без учета времени - 2.70987. Среднеквадратичная ошибка для модели с учетом времени - 1.80658.

Подводя итоги, было проведено исследование по влиянию фактора времени при уменьшении размерности набора признаков на качество прогнозирования. Исходя из результатов эксперимента, можно сделать вывод, что кроме признаков, время также влияет на результаты прогнозирования. При более раннем начале отбора признаков и уменьшении самого набора признаков прогнозирование оказалось точнее.

Список литературы

1. Watt J., Borhani R., Katsaggelos A. Machine learning refined: foundations, algorithms, and applications. / 1st ed. Cambridge University Press, 2020. 593 p.
2. Серрано Л. Грокаем машинное обучение. СПб: Питер, 2024. 512 с.
3. An Optimized Feature Selection Method forHigh Dimensional Data // International Journal of Research in Engineering, Science and Management URL: https://journal.ijresm.com/index.php/ijresm/article/view/213 (Дата обращения 12.03.2025).

УДК 004.85

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ GPU ПРИ ОБУЧЕНИИ МОДЕЛЕЙ НА БАЗЕ NUMPY И CUPY

Фадеев В.О., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
fadeevvo@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Вершинин Е.В., к.ф-м.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»

NumPy - представляет собой базовую библиотеку для научных вычислений в Python, которая реализует объекты многомерных массивов (ndarray) и поддерживает операции векторизации, позволяющие выполнять арифметические вычисления без явного использования циклов. Такая реализация позволяет использовать оптимизированный код на языке C, что значительно ускоряет выполнение операций над большими объемами данных [1].

CUDA (Compute Unified Device Architecture) – это параллельная вычислительная платформа и программная модель, разработанная компанией NVIDIA для реализации высокопроизводительных вычислений на графических процессорах. Благодаря CUDA, вычислительные задачи могут быть параллелизированы на тысячи потоков, которые группируются в блоки и распределяются между ядрами GPU [2].

CuPy - является библиотекой, предоставляющей API, совместимый с NumPy, но оптимизированным для выполнения вычислений на GPU посредством CUDA. Благодаря этому, код, написанный с использованием стандартных функций NumPy, может быть с минимальными изменениями перенесён для работы на GPU, что позволяет автоматически задействовать вычислительные мощности графических процессоров для выполнения арифметических, линейных и статистических операций [3].

Основные различия библиотек.

При сравнении библиотек NumPy и CuPy существенное внимание следует уделить балансу между затратами на передачу данных между CPU и GPU и преимуществами параллельных вычислений на графических процессорах [2]. В случае работы с небольшими массивами затраты на передачу данных с хостовой памяти в память GPU могут существенно компенсировать или даже перевешивать выигрыш от параллельного исполнения, вследствие чего выполнение операций с использованием NumPy на CPU оказывается конкурентоспособным или превосходит по скорости CuPy.

Однако при обработке больших массивов данные передаются на устройство один раз, а последующие вычисления выполняются параллельно, что приводит к значительному ускорению работы. В таких сценариях библиотека CuPy демонстрирует существенные преимущества по времени выполнения, так как параллельная архитектура GPU позволяет значительно уменьшить время обработки [3]. Дополнительно, использование специализированных функций, оптимизированных для работы на GPU, обеспечивает дополнительное повышение производительности, особенно в задачах линейной алгебры и обработки изображений.

Именно на основе этих принципов проводится эксперимент, цель которого — эмпирически определить пороговые значения объёма входных данных, после достижения которых вычислительные преимущества параллельной обработки на GPU полностью компенсируют накладные расходы на передачу данных, что делает использование GPU более эффективным по сравнению с CPU.

Экспериментальная часть.

В данном эксперименте проводится сравнительный анализ времени обучения модели линейной регрессии, реализованной методом градиентного спуска, на центральном процессоре (CPU) и графическом процессоре (GPU).

Цель исследования – определить пороговые значения объёма входных данных, выраженные числом примеров (N) и числом признаков (D), при которых вычислительные преимущества параллельной архитектуры GPU преобладают над накладными расходами, связанными с передачей данных между хостом и устройством.

Исследование проводится в нескольких конфигурациях: при варьировании N при фиксированном D, при варьировании D при фиксированном N, а также при одновременном увеличении обоих параметров. Полученные результаты позволяют оценить, при каких масштабах данных использование GPU обеспечивает существенное сокращение времени обучения по сравнению с последовательными вычислениями на CPU. Тестирование проводилось в среде Google Colab с графическим процессором T4.

При небольших объёмах данных производительность CPU и GPU сопоставима из-за накладных расходов на передачу данных. Однако при увеличении числа примеров и размерности признаков использование GPU даёт заметный прирост скорости. Эффективность ускорения зависит от конфигурации среды: в Google Colab преимущества GPU проявляются уже при объёмах порядка 1100 примеров. Таким образом, GPU особенно целесообразно применять для обработки крупных выборок, где его параллельная архитектура позволяет существенно сократить время обучения.

Список литературы

1. Ghorpade J., Parande J., Kulkarni M., Bawaskar A.. GPGPU Processing in CUDA Architecture. 2012. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1202.4347.
2. Okuta R., Unno Y., Nishino D., Hido S., Loomis C. CuPy: A NumPy-Compatible Library for NVIDIA GPU Calculations // in Proceedings of Workshop on Machine Learning Systems (LearningSys) in The Thirty-first Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS) (2017) URL: http://learningsys.org/nips17/assets/papers/paper_16.pdf (Дата обращения 05.05.2025).
3. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V. et al. Scikit-learn: Machine learning in python // Journal of machine learning research. 2011. V. 12. № Oct. Pp. 2825–2830. DOI: 10.48550/arXiv.1201.0490.

СЕКЦИЯ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

УДК 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЁТА КОТРОЛЬНОЙ СУММЫ: CRC16 И CRC32

Воронов Д.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
danikvoron1@gmail.com
Научный руководитель: Гагарин Ю.Е., к.т.н., доцент,
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»

Контроль целостности информации при передаче по цифровым каналам является неотъемлемой частью надёжных коммуникаций. Ошибки могут возникать из-за электрических и радиопомех, сбоев оборудования или сетевых перегрузок. В условиях, когда повторный запрос утерянного пакета невозможен или нежелателен (например, в системах реального времени и потокового мультимедиа), предварительная проверка с помощью контрольных сумм позволяет немедленно обнаружить искажения и принять корректирующие меры [1].

Алгоритм Cyclic Redundancy Check (CRC) базируется на представлении передаваемых битовых последовательностей в виде многочленов над полем GF(2). Исходные данные D(x) делят на заранее выбранный порождающий полином G(x) с помощью побитового XOR — арифметики по модулю 2. Полученный остаток R(x) дописывается к пакету перед отправкой. Приёмник повторно вычисляет R′(x) и сравнивает его с приложенным значением: в случае расхождения фиксируется ошибка передачи [2].

Простейшим и широко применяемым вариантом является CRC-16, где

$$G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1 \quad (1)$$

Для вычисления CRC-16 к исходной 16-битной последовательности добавляют 16 нулей, затем последовательно выравнивают полином по старшей единице и выполняют XOR до завершения деления. Итоговый 16-битный остаток R служит контрольной суммой и включается в конец пакета. Аппаратные решения и встраиваемые контроллеры часто используют таблицы предвычисленных остатков для ускорения вычислений и снижения нагрузки на процессор [2].

Для задач с большими объёмами данных и повышенными требованиями к надёжности используется CRC-32:

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1 \quad (2)$$

В шестнадцатеричном формате он задаётся как 0x04C11DB7.

CRC-алгоритмы образуют целое семейство, в котором различают варианты по выбору полинома, начальному значению регистра, инверсии битов на входе/выходе и направлению сдвига. К наиболее распространённым вариантам CRC-32 относятся:

– CRC-32 (IEEE 802.3, Ethernet);
– CRC-32C (Castagnoli, iSCSI и SSD);
– CRC-32K (Koopman);
– CRC-32/MPEG-2 (видео-стандарты);
– CRC-32/BZIP2 (архивация bzip2).

Выбор конкретного исполнения определяется требованиями к скорости передачи, объёму данных, профилю ошибок канала и совместимости с существующим оборудованием [3].

При проектировании систем контроля целостности следует исходить из следующих рекомендаций:

– для микроконтроллеров и встроенных устройств с ограниченным ОЗУ и тактовой частотой оптимален компактный CRC-16;

– в высокоскоростных сетях и при передаче «тяжёлых» мультимедиа-потоков эффективнее применять CRC-32;

– при использовании распространённых стандартов важно соблюдать параметры выбранного варианта (полином, пресет, инверсию), чтобы обеспечить совместимость приёма и передачи.

Таким образом, применение алгоритмов CRC позволяет обеспечить высокий уровень надёжности передачи данных, выявляя большинство характерных ошибок в цифровых каналах. Выбор между CRC-16 и CRC-32 должен основываться на анализе аппаратных ресурсов, ожидаемого объёма передаваемой информации и требований к допустимому уровню ошибок.

Список литературы

1. Таненбаум Э.С., Уэзеролл Д. Компьютерные сети / 5-е изд. СПб. : Питер, 2018. 960 с.
2. Блэйк И. Коды обнаружения и коррекции ошибок. М.: Мир, 1986. 576 с.
3. Кнут Д.Э. Искусство программирования. Т. 2: Получисленные алгоритмы. М. : Вильямс, 2001. 834 с.

УДК 004.93

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ 3D-ГЕОМЕТРИИ ПО ФОТОГРАФИЯМ

Иванов А.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ivanovas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гагарин Ю.Е., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
gagarin_ye@bmstu.ru

Восстановление 3D-геометрии объектов по фотографиям является одной из ключевых задач компьютерного зрения, находящей широкое применение в архитектуре, реставрации и создании виртуальных сред. С развитием технологий появились несколько категорий методов 3D-реконструкции объектов по изображениям. Целью данной статьи является их сравнительный анализ с целью нахождения рационального подхода к этой задаче с учетом различных метрик, таких как требования к исходным данным, производительность, точность, затраты вычислительных ресурсов и сложность

На данный момент существуют 3 основных подхода к восстановлению 3D-геометрии по изображениям:

1. *Классическая фотограмметрия.* Фотограмметрия – дисциплина, занимающаяся определением геометрических характеристик объектов по их изображениям. Классический подход объединяет под собой несколько алгоритмов восстановления 3D-геометрии, основными из которых являются:

- *Стереозрение*. Имитирует человеческое бинокулярное зрение, используя два изображения одной сцены, снятых с разных точек. Основной принцип — триангуляция, с помощью которой на основе расстояния между камерами и их параметров определяется глубина каждой точки.
- *Structure from Motion (SfM)*. Метод восстановления 3D-структуры сцены и положения камеры на основе набора неупорядоченных изображений, снятых с разных

ракурсов. Извлекаются ключевые точки различных изображений и их дескрипторы, и между ними устанавливается соответствие; затем оценивается движение камеры (например, алгоритмом "восемь точек") и с помощью триангуляции строится облако точек.

- *Multi-View Stereo (MVS).* Расширение SfM, направленное на создание более плотных 3D-моделей. От исходного алгоритма берется начальная оценка положения камер, затем вычисляется плотная карта глубины для каждого изображения, и в результате облака точек объединяются в единую модель.

Преимущество классического подхода — высокая точность и отсутствие обучения. Но, как отмечают исследователи Шонбергер и Фрам [1], нужны десятки изображений хорошего качества с разных ракурсов и, иногда, параметры камеры. Производительность зависит от данных: обработка тысяч изображений занимает часы или дни, особенно в MVS. Сложность реализации снижается из-за наличия готовых библиотек, таких как OpenCV и COLMAP.

2. *Нейросетевые методы.* Задействование искусственного интеллекта происходит с целью использования машинного обучения для предсказания геометрии и даже текстур. Существуют следующие основные подходы:

- *NeRF (Neural Radiance Fields):* моделирует сцену как непрерывное поле излучения и плотности, предсказывая цвет и плотность для каждой точки пространства.
- *Mesh R-CNN:* нейросетевая модель, которая определяет на основе R-CNN регионы изображения, где находятся объекты, предсказывает их грубую маску и инициализирует базовую 3D-форму, которую путем деформаций приводит в соответствие объектам на изображении.
- *Неявные представления:* группа методов, моделирующая 3D-формы как непрерывные функции, определяющие их поверхности. Примерами представителей этой группы являются DeepSDF и PIFu.

Главное преимущество нейросетевых методов — гибкость: они работают с одним или несколькими изображениями, а результат генерируется за минуты без больших вычислительных мощностей. Однако обучение требует тысяч изображений с 3D-данными (карты глубины, сетки), что занимает время и ресурсы. Точность варьируется: например, оценка глубины имеет ошибки 10–20%, NeRF точен для конкретных сцен, но ограничен в обобщении [2]. Сложность реализации высока и требует знаний в области машинного обучения, даже с использованием таких библиотек, как PyTorch и TensorFlow.

3. *Гибридные методы.* Представляют собой комбинацию фотограмметрии и нейросетей. Успешным примером можно считать DeepSfM – модификацию SfM, заменяющую традиционные алгоритмы поиска соответствий и Bundle Adjustment на нейросетевые аналоги, сохраняя при этом геометрическую основу классического подхода.

Гибридные методы требуют несколько изображений, схожих с требуемыми классическим подходом, но нейросети могут снизить их количество. Производительность переменна, часто выше классических благодаря оптимизациям вроде ускорения поиска соответствий [3]. Они сочетают точность классики с адаптивностью нейросетей, достигая потенциально большей точности, хотя она варьируется. Сложность реализации высока и требует знания обеих групп методов, а обучение нейросетей занимает значительные ресурсы.

На основе сравнения можно сделать вывод, что классическая фотограмметрия обеспечивает высокую точность, но требует много ресурсов и качественных данных. Нейросетевые методы гибки, работают даже с одним изображением, но точность зависит от данных, а обучение ресурсоёмко. Гибридные подходы (DeepSfM) сочетают их преимущества, повышая точность при меньших затратах данных, хотя сложнее в реализации.

Таким образом, выбор метода зависит от задачи: классическая фотограмметрия предпочтительна для высокоточных реконструкций с достаточным количеством данных, нейросетевые методы подходят для быстрых решений с ограниченными ресурсами, а гибридные методы представляют собой перспективное направление для сложных сценариев, требующих баланса между точностью, скоростью и гибкостью.

Список литературы
1. Schönberger J.L. Structure-from-Motion Revisited / J. L. Schönberger, J. M. Frahm // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (Las Vegas, 26 June - 01 July, 2016). 2016. Pp. 4104-4113.
2. Mildenhall B., Srinivasan P.P., Tancik M., Barron J.T., Ramamoorthi R., Ng R. Mildenhall B. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis // Communications of the ACM. V. 65. № 1. DOI: 10.1145/3503250.
3. Wei X., Zhang Y., Li Z., Fu Y., Xue X. DeepSfM: Structure from Motion via Deep Bundle Adjustment // Computer Vision – ECCV 2020: 16th European Conference, (Glasgow, UK, August 23–28, 2020): proceedings. Part I. Pp. 230 – 247. DOI:10.1007/978-3-030-58452-8_14.

УДК 654.9

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ

Мосолов А.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
mosolovav@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гагарин Ю.Е., к.т.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
gagarin_ye@bmstu.ru

В условиях стремительного роста урбанизации и увеличения транспортных потоков традиционные подходы к организации общественного транспорта сталкиваются с ограничениями, такими как высокая аварийность, экологические вызовы и низкая эффективность использования ресурсов. Беспилотный общественный транспорт (БОТ), основанный на передовых технологиях искусственного интеллекта и автономного управления, представляет собой инновационное решение, способное трансформировать и упростить городскую мобильность. Однако его внедрение сопряжено с рядом технических, социальных, правовых и экономических трудностей, которые требуют комплексного анализа и поиска сбалансированных решений.

Проблемы интеграции. Технические вызовы. Технические ограничения остаются ключевым барьером. ИИ пока не заменяет человеческую интуицию в нестандартных ситуациях, таких как внезапное появление ребенка на дороге или маневры в плотном трафике. Хотя ИИ реагирует быстрее — за 0,02–0,1 секунды против 0,7–1,5 секунды у человека, — это требует больших вычислительных мощностей для анализа данных сенсоров в реальном времени. В хаотичных городских условиях, вроде узких исторических улиц, сбои из-за недостатка ресурсов ограничивают применение БОТ.

Надежность сенсоров и алгоритмов снижается в плохую погоду: дождь, снег или туман мешают лидарам и камерам, повышая риск аварий. Например, в 2018 году беспилотный автомобиль Uber не распознал пешехода из-за плохой видимости, что привело к первому смертельному случаю [1].

Кибербезопасность — еще одна проблема. Беспилотные системы уязвимы к атакам через сети 4G/5G. Обзор показал, что хакеры могут перехватывать данные сенсоров или вмешиваться в V2X, угрожая безопасности [2]. Для общественного транспорта это особенно опасно из-за большого числа пассажиров.

Инфраструктурные ограничения. Интеграция БОТ требует кардинальной модернизации городской инфраструктуры. Четкая дорожная разметка, "умные" светофоры с поддержкой V2X, выделенные полосы и стабильное покрытие высокоскоростных сетей — это минимальные условия для работы автономного транспорта. Однако во многих городах,

особенно в развивающихся странах, дороги находятся в плохом состоянии, разметка стирается, а сети 5G доступны только в мегаполисах.

Создание такой инфраструктуры требует огромных затрат. По оценкам экспертов McKinsey, модернизация одного крупного города под «умную» транспортную систему может стоить от 1 до 5 миллиардов долларов в зависимости от масштаба [3]. Для сравнения, бюджет на дорожное строительство в России в 2024 году составил около 1,5 триллиона рублей на всю страну, что делает финансирование подобных проектов серьезной проблемой.

Социальные аспекты. Социальные барьеры также играют ключевую роль. Доверие общества — главный вызов. Опросы, проведенные в 2023 году компанией Deloitte, показали, что 60% респондентов в Европе и США не готовы ездить на беспилотном транспорте из-за страха аварий. В России этот показатель может быть даже выше из-за консервативного отношения к технологиям. Этический аспект тоже важен: в случае ДТП неясно, кто будет нести ответственность — производитель, оператор или городские власти. Это создает моральные дилеммы, которые общество пока не готово решать.

Правовые и экономические барьеры. Законодательство большинства стран не адаптировано к БОТ. В России ПДД требуют наличия водителя за рулем, а правовая база для автономного транспорта находится в стадии разработки. Без четких правил невозможно определить ответственность за аварии или сертифицировать беспилотники для массового использования.

Экономические трудности связаны с высокой стоимостью разработки и эксплуатации. Например, создание одного беспилотного автобуса «КамАЗ» обходится в десятки миллионов рублей, а его тестирование требует дополнительных вложений. Для городов с ограниченным бюджетом это неподъемные расходы, а окупаемость остается под вопросом, так как пассажиропоток может не оправдать затрат в первые годы.

Перспективы развития. Преимущества. Несмотря на проблемы, БОТ обладает огромным потенциалом. Главное преимущество — повышение безопасности. По данным Всемирной организации здравоохранения, 90% ДТП происходят из-за человеческого фактора: усталость, невнимательность или нарушение правил. Автономные системы исключают эти риски, что может сократить число аварий на дорогах. Например, в Сингапуре тестовые беспилотные шаттлы за два года эксплуатации не допустили ни одного инцидента.

Экологичность — еще один плюс. Большинство проектов БОТ основаны на электромобилях, что снижает выбросы CO2 и шумовое загрязнение. В условиях глобальной борьбы с изменением климата это делает беспилотный транспорт приоритетным направлением.

Эффективность и доступность также впечатляют. БОТ может оптимизировать маршруты в реальном времени, избегая пробок, и обслуживать районы, где традиционный транспорт нерентабелен.

Сценарии применения. Перспективы включают несколько направлений. Первый сценарий — выделенные линии для беспилотных автобусов в крупных городах. Такие проекты уже работают в Сколково (Россия) и Хельсинки (Финляндия), где автономные шаттлы курсируют по фиксированным маршрутам. Второй — микромобильность: небольшие шаттлы для доставки пассажиров от станций метро или вокзалов до жилых зон. Это решает проблему "последней мили", которая остается слабым местом традиционного транспорта.

Наконец, долгосрочная перспектива — полная замена личных автомобилей на автономные шаттлы, что сократит пробки и освободит парковочные места для зеленых зон.

Влияние на города. Интеграция БОТ изменит облик городов. Уменьшение числа личных машин разгрузит дороги и снизит потребность в многоуровневых парковках, что позволит создавать больше пешеходных зон и парков. По прогнозам урбанистов, к 2040 году в городах с развитым БОТ доля личного транспорта может упасть на 30–40%. Это улучшит качество воздуха и повысит уровень комфорта жителей.

Выводы и рекомендации. Интеграция беспилотного общественного транспорта сталкивается с множеством проблем, но ее потенциал делает эти усилия оправданными. Для успешного внедрения необходимо:

1. Создать пилотные зоны с современной инфраструктурой.
2. Разработать единые стандарты и законодательство.
3. Инвестировать в кибербезопасность и адаптацию технологий к сложным условиям.
4. Проводить кампании для повышения доверия общества.

БОТ способен стать основой транспортной системы будущего, обеспечивая безопасность, экологичность и доступность. Успех зависит от координации усилий государства, бизнеса и науки.

Список литературы

1. В США беспилотный автомобиль Uber насмерть сбил пешехода // РИА Новости. 2019. 6 ноября. URL: https://ria.ru/20191106/1560639919.html (Дата обращения 18.03.2025).
2. Cybersecurity Threats to Autonomous Vehicles: A Systematic Review of Vulnerabilities and Mitigation Strategies // Research Square. 2022. URL: https://assets-eu.researchsquare.com/files/rs-2295674/v1_covered_10053c3a-2f5f-47ca-8b16-0ceeb3dd30ae.pdf (Дата обращения 18.03.2025).
3. Smart Cities: Digital Solutions for a More Livable Future / McKinsey & Company. Б.м.: McKinsey & Company, 2018. URL: https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future (Дата обращения 18.03.2025).

УДК 004.62

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ

Осмоловский П.Е., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
osmolovskiype@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Никитенко У.В., ст. преподаватель
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
nikitenkouv@bmstu.ru

Big Data (в переводе с английского «Большие данные») — это термин, используемый для описания колоссальных объемов данных, которые невозможно эффективно обработать с использованием традиционных методов. [1]

Для описания больших данных используют множество различных характеристик, основными из них являются объём, скорость, разнообразие. Эти критерии определяются концепцией под названием «3V» и означают: Объём – большой размер данных (поступление от сотни гигабайт в день); Скорость – высокий темп генерации новых данных; Разнообразие – различие типов данных и их многообразие. В современной литературе также можно найти упоминание и других теорий, например, «5V», в которой добавляются понятия достоверности (насколько точные и качественные данные находятся в нашем распоряжении) и ценности (значимость и необходимость информации для нас) [2], «6V», «7V» и других «V», используемых для более точного описания конкретных данных в зависимости от потребностей.

Очевидно, что обычные методы хранения и обработки информации являются не только крайне неэффективными, но и в большинстве случаев просто бесполезными при их применении в области больших данных. Вследствие чего появилось множество нестандартных и куда более производительных способов организации работы с таким количеством сведений.

Все подходы к обработке больших данные можно разделить на 3 большие группы.

Пакетная обработка (Batch Processing) – способ обработки больших массивов данных, при котором информация сначала накапливается, а затем цельным пакетом обрабатывается в заранее определённое время. Такие системы относительно просто реализовываются, однако они не способны мгновенно предоставлять результаты своей работы, т.к. для ответа им требуется сначала закончить обработку текущего пакета для актуализации сведений. При построении пакетных систем используют такие технологии как: Hadoop MapReduce (распределенная обработка на кластерах), Apache Spark (фреймворк с открытым исходным кодом) или другие.

Когда одним из главных требований к паттерну является быстрый отклик на запросы выбирают потоковую обработку (Stream Processing) – метод, при котором данные анализируются по мере их поступления в систему, обеспечивая оперативную реакцию на требования. Популярными решениями для такого случая являются Apache Kafka (брокер сообщений для потоковой передачи) и Apache Flink (событийно-ориентированный фреймворк).

Однако иногда при проектировании, мы понимаем, что нам нужны особенности сразу двух предыдущих типов, здесь на помощь приходят гибридные системы – при такой реализации данные берутся небольшими пакетами, накопленными за короткий промежуток времени. Lambda-архитектура является одной из самых популярных реализаций гибридных обработчиков.

Другой проблемой больших данных является способ их эффективного хранения и оперативного получения. Для этих целей постоянно появляются новые решения, а также улучшаются старые. Рассмотрим наиболее распространённые на данный момент подходы.

СУБД (системы управления базами данных) используются для структурированной (Реляционные БД) и полуструктурированной (NoSQL БД) информации, где могут понадобится транзакции и не требуется потоковая обработка. Кроме того, не стоит их использовать при хранении нескольких петабайт данных или полностью неструктурированных данных, таких как видео или звук. Конкретная система выбирается исходя возможностей СУБД, а также информации, которую предстоит хранить.

Распределённые файловые системы разделяют большие массивы данных по множеству серверов. Это обеспечивает крайне быстрый доступ к данным и высокую отказоустойчивость.

Также популярными становятся облачные решения хранения информации, так как они избавляют от проблем с покупкой, настройкой, обслуживанием и модернизацией серверов, что позволяет сэкономить бюджет компании. [3]

Data Warehouse – единое хранилище структурированной и обработанной информации, упрощает анализ полученных данных.

Data Lake – сохраняет «сырые» данные абсолютно любого вида (структурированные, полуструктурированные или неструктурированные), обеспечивая высокую гибкость системы и возможность сохранения разнородных данных.

Подводя итог всему вышесказанному, можно заметить, что большие массивы данных стали неотъемлемой частью нашей жизни, они используются повсеместно: в бизнесе, науке, государственном управлении, обучении искусственного интеллекта и во многих других областях нашей жизни. Каждый день разрабатываются новые методы хранения и обработки Big Data, а также улучшаются старые. Такое разнообразие позволяет легко выбрать наиболее эффективные технологии для конкретных задач и формата данных.

Список литературы

1. Что такое Big Data и как они меняют мир. / Lenta.ru. 2023. URL: https://lenta.ru/articles/2023/11/27/chto-takoe-big-data/ (Дата обращения 10.04.2024).
2. 5V Big Data: Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value. / TechTarget. 2023. URL: https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/5-Vs-of-big-data (Дата обращения 10.04.2024).

3. Big Data: основные понятия // Yandex Cloud. 2023. URL: https://yandex.cloud/ru/docs/glossary/bigdata?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (Дата обращения 10.04.2024).

УДК 004.942

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СИМУЛЯТОРА СИГНАЛОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Тарасов Н.Е., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
tarasovne@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гагарин Ю.Е., к.т.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»

В современных условиях возрастает потребность в программных симуляторах сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), используемых как для разработки и отладки приёмников, так и для проведения экспериментов в области радионавигационной безопасности. В отличие от аппаратных решений, программные симуляторы позволяют гибко задавать сценарии, воспроизводить поведение приёмников в различных условиях и обеспечивать поддержку нескольких спутниковых созвездий одновременно.

Разработанный симулятор реализует процесс генерации навигационного сигнала, начиная с чтения эфемерид из файлов в формате RINEX версии 3.x. Такие файлы содержат параметры орбиты спутников, поправки к часам и идентификаторы систем (G – GPS, E – Galileo, C – BeiDou) [1]. Для каждого спутника извлекается необходимый набор параметров: номер PRN, эпоха эфемерид, коэффициенты поправок и элементы орбиты в кеплеровской форме (большая полуось, эксцентриситет, наклонение и др.).

С помощью этих данных производится расчёт положения спутника в заданный момент времени. Для этого реализовано решение уравнения Кеплера и вычисление эксцентрической и истинной аномалий. Учитываются гармонические поправки, влияющие на аргумент широты, радиус и наклон орбиты. После преобразования координат из орбитальной в геоцентрическую систему (WGS-84) определяется расстояние до приёмника (псевдодальность) и доплеровский сдвиг, связанный с относительной скоростью спутника [2].

Далее для каждого спутника генерируются PRN-коды и навигационные сообщения. PRN-код — это двоичная последовательность, позволяющая различать сигналы от разных спутников. В симуляторе реализована поддержка различных кодов: GPS L1 использует Gold-код длиной 1023 чипа, Galileo E1 — CBOC-код на основе 4092 чипов, BeiDou B1I — 2046-чиповые коды с повышенной частотой [3]. Навигационные сообщения для каждой системы имеют свою структуру, включающую эфемериды, поправки часов и служебные данные.

Сигнал модулируется с использованием схем, применяемых в реальных системах. Для GPS и BeiDou реализована бинарная фазовая манипуляция (BPSK), для Galileo — композиционная модуляция CBOC, объединяющая компоненты BOC(1,1) и BOC(6,1). Доплеровский эффект вводится путём корректировки фазы несущей в зависимости от скорости сближения спутника и приёмника.

Сформированные сигналы представлены в виде потока комплексных отсчётов (I/Q), где каждый отсчёт соответствует сумме сигналов всех видимых спутников. Полученный поток сохраняется в бинарный файл, совместимый с SDR-передатчиками, такими как HackRF, USRP и др. Это позволяет воспроизводить сигнал на частоте L1 (1575,42 МГц), полностью имитируя реальную навигационную среду.

Таким образом, программный симулятор обеспечивает реалистичное моделирование сигналов ГНСС с учётом орбитальной динамики, задержек, модуляции и многоспутникового взаимодействия. Он может быть использован для тестирования приёмников, анализа

алгоритмов обработки и исследований уязвимостей, включая спуфинг. Использование такого инструмента особенно актуально в условиях, когда невозможен доступ к открытым спутниковым сигналам или требуется строго контролируемая среда эксперимента.

Список литературы

1. RINEX 3.04: The Receiver Independent Exchange Format. International GNSS Service (IGS). 2018. URL: http://acc.igs.org/misc/rinex304.pdf (Дата обращения 05.05.2025).
2. Navipedia. GPS and Galileo Satellite Coordinates Computation. 2011. URL: https://gssc.esa.int/navipedia/ (Дата обращения 05.05.2025).
3. Navipedia. GNSS Signal. 2011. URL: https://gssc.esa.int/navipedia/ (Дата обращения 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИНГВИСТИКИ И ЛИНГВОДИДАКТИКИ»

УДК 372.881.1

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Белов А.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
belovav1@bmstu.student.ru
Научный руководитель: Белова Е.В., к.ф.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
belova_elena@bmstu.ru

Современные технологии, особенно в области искусственного интеллекта (ИИ) и нейросетей, открывают новые горизонты в обучении иностранным языкам. Нейросети, способные обрабатывать и анализировать большие объемы данных, находят широкое применение в образовательных приложениях, предлагая пользователям уникальные возможности для самостоятельного изучения языков.

В последнее время появляется множество работ, связанных с использованием нейросетей преподавателями для совершенствования учебного процесса путем составления различных заданий или даже внедрения чат-ботов на основе искусственного интеллекта (ИИ) в учебный процесс. [1, 2].

Анализ этих работ показывает, что искусственный интеллект может стать хорошим помощником в разработке методических материалов для преподавателей, так как очевидно, что преподаватель, обладающий глубоким знанием своей дисциплины и различными методическими приемами, сможет отобрать и откорректировать материал, сгенерированный нейросетью, прежде чем использовать его на занятии. Однако, человек, решивший самостоятельно воспользоваться возможностями нейросетей, в частности, чат-ботов, для изучения иностранного языка, может столкнуться с рядом трудностей.

Успех в работе с чат-ботом на основе ИИ, в первую очередь, зависит от умения правильно формулировать запросы, чтобы получать адекватную обратную связь.

Существуют модели, помогающие пользователю чат-ботов правильно формулировать запрос, чтобы получить нужный ответ. Одной из таких моделей является RISEN (**Role, Instructions, Steps, End Goal/Expectations, Narrowing/Novelty**).

Модель структуры RISEN разбивает процесс создания эффективных подсказок на пять основных элементов. Эта структура безупречно работает с ведущими моделями ИИ, в частности ChatGPT, обеспечивая оптимизированные результаты в широком спектре задач.

Итак, используя, в том числе, данную модель, мы попытались проверить, насколько возможно использование чат-ботов с ИИ для самостоятельного изучения иностранного языка. В первую очередь, необходимо создать план действий для достижения конкретных целей, поэтому мы попросили чат-бот Chat GPT 4,5/DeepSeek/Midjourney на платформе мессенджера Telegram создать программу для подготовки к экзамену. Запрос звучал так: «Мне нужно подтянуть технический немецкий к экзамену. Срок – месяц. Как методист, составь программу изучения немецкого языка, уделяя особое внимание повторению технических терминов, грамматике немецкого языка и устной речи». Чат-бот выдал программу изучения языка на месяц. В нее вошли такие виды деятельности, как составление глоссария и изучение терминов; чтение статей на немецком языке; отработка основных грамматических тем немецкого языка; подготовка сообщения (презентации); беседы по теме с носителем языка или другом, изучающим немецкий, и т.п. План расписан на каждый день периода подготовки к экзамену; рекомендуется заниматься не менее 20 минут в день.

Как видно, это достаточно общие рекомендации, но они вполне могут быть использованы как план действий для достижения поставленной цели. Далее, следуя

программе, чат-боту было дано задание составить глоссарий терминов по теме «технологии машиностроения». Это задание тоже было выполнено быстро и качественно. Ниже приведены первые 10 терминов из 50, предложенных нейросетью. Все термины относятся к изучаемой теме, ошибок в переводе не обнаружено.

Следует отметить, что помощь ИИ в подборе узкоспециальных терминов для изучения довольна существенна, так как ни одно приложение по изучению иностранного языка не направлено на изучение узкоспециальных терминов.

Чат-бот ChatGPT 4,5/DeepSeek/Midjourney также помог найти ссылки на сайты со статьями по выбранной тематике; подсказал, какие сервисы на основе ИИ можно использовать для тренировки произношения и устной речи; составил грамматические упражнения по заданной теме и проверил правильность их выполнения; подобрал приложения, где можно общаться с носителями изучаемого языка с целью языкового обмена. С использованием модели RISEN для составления запросов, чат-ботом были составлены деловые письма по нужным темам, технические документы, статьи на немецком языке.

Использование нейросетей в самостоятельном изучении иностранного языка предлагает множество преимуществ, включая индивидуализацию обучения, доступность и интерактивность. Однако важно также учитывать существующие ограничения, такие как отсутствие эмоционального интеллекта у ИИ и возможные проблемы с контекстом и произношением. Несмотря на это, нейросети представляют собой мощный инструмент для изучающих язык самостоятельно. Они подходят широкому кругу пользователей — от студентов до профессионалов — которые ищут гибкие и эффективные способы овладеть иностранным языком. В конечном счете, успешное изучение языка требует комплексного подхода, который включает как современные технологии, так и традиционные методы обучения.

Список литературы

1. Воевода Е.В., Шпынова А.И. Применение технологий искусственного интеллекта при изучении делового английского (на примере письменных заданий) // МНКО. 2023. №5 (102). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-pri-izuchenii-delovogo-angliyskogo-na-primere-pismennyh-zadaniy (Дата обращения 31.03.2025).
2. Богатова С.М., Фрезе О.В. Дидактические возможности нейросетей в обучении иностранным языкам // Современное педагогическое образование. 2024. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/didakticheskie-vozmozhnosti-neyrosetey-v-obuchenii-inostrannym-yazykam (Дата обращения 31.03.2025).

УДК 81

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК В ЦИФРОВЫХ БАЗАХ ДАННЫХ: ВЛИЯНИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Джанаев К.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
karim-2018@yandex.ru
Павлов И.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
pavloviv1@student.bmstu.ru
Тихонов Н.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
tikhonovna@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Полякова К.А., ассистент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
kir.polyackowa@yandex.ru

Цифровые базы данных (ЦБД) трансформируют изучение английского языка, объединяя лингвистические исследования и образовательные практики. Ключевым инструментом выступают *языковые корпуса*, обеспечивающие анализ аутентичных текстов и развитие *data-driven learning (DDL)* — метода, где обучающиеся самостоятельно выявляют языковые закономерности [1]. *DDL* способствует формированию идиоматической речи и снижению интерференции родного языка.

Академические корпуса, такие как *S2ORC*, содержат структурированные публикации, что позволяет изучать дискурс, цитатные графы и междисциплинарные связи [2]. Фразеологические исследования на основе *ЦБД* раскрывают культурные коды через анализ устойчивых выражений (напр., «from head to toe»), демонстрируя связь языка и культуры [3].

Интернет влияет на эволюцию английского, порождая неологизмы и коллоквиальные формы, что требует адаптации традиционных норм. Однако использование *ЦБД* сталкивается с вызовами: гетерогенность данных, необходимость статистической грамотности и этические вопросы. Решения включают стандартизацию метаданных, обучающие модули и правовые механизмы защиты информации.

Перспективы связаны с развитием кросс-платформенных решений и открытых ресурсов, что усилит глобальную коммуникацию и качество лингвистических исследований.

Список литературы

1. Иванов И. Базы данных в лингвистике и языковом образовании // Журнал современных исследований. 2021. Т. 12. № 3. С. 45–60.
2. Lo K. et al. S2ORC: The Semantic Scholar Open Research Corpus // arXiv. 2019. DOI: 10.48550/arXiv.1911.02782.
3. Петрова Е. Лингвистическая основа организации базы данных // Журнал теоретической и прикладной лингвистики. 2020. Т. 4. № 2. С. 75–90.

УДК 004.83

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА GROK И GOOGLE GEMINI В СОЗДАНИИ ГРАММАТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Иванов А.С., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
ivanovas@student.bmstu.ru
Мосолов А.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
mosolovav@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Артеменко О.А., к.п.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
artemenko.oa@bmstu.ru

Нейронные сети становятся неотъемлемой частью образовательных технологий, особенно в разработке грамматических упражнений для изучения языков, беря на себя часть рутинных функций педагога [1, стр. 299]. В данном исследовании сравниваются две передовые модели искусственного интеллекта: Grok, созданную xAI, и Google Gemini. Grok позиционируется как универсальная модель, способная эффективно решать широкий спектр задач [2], а Google Gemini 2.0 выделяется своей гибкостью и умением обрабатывать сложные запросы с высокой точностью [3]. Цель статьи — оценить, как эти модели справляются с созданием грамматических упражнений на основе заданной лексики и шаблонов при запросах на русском и английском языках. Будет исследованы такие ключевые критерии, как их способность понимать инструкции, использовать предоставленный словарь, соблюдать заданный объем и создавать качественные упражнения.

Использованная лексика. В качестве исходных данных моделям был предоставлен список из 40 слов и фраз на английском языке с их переводом. Ниже приведена часть этого списка:

- according to — согласно
- after — после
- as opposed to — в отличие от
- as well as — так же как
- broadly similar (to) — в целом аналогично
- by means of — посредством
- clear-cut distinction — четкое различие
- completely — полностью
- considerable difference (in) — значительная разница (в)
- due to — из-за

Методология. Моделям были даны идентичные запросы на русском и английском языках, содержащие требования составить новые упражнения согласно приложенным шаблонам заданий, разработанных реальными преподавателями:

1. **Исправление ошибок** – создать упражнение из 10-12 предложений с грамматическими ошибками (например, несогласование подлежащего и сказуемого, неверные предлоги), которые студенты должны исправить, используя указанную лексику.
2. **Согласование подлежащего и сказуемого** – сгенерировать 10-12 предложений, где требуется выделить подлежащее, определить главное существительное и глагол, и исправить ошибки согласования, применяя лексику.
3. **Упражнение с выбором формы или предлогами** – разработать 10-12 предложений с выбором правильной формы глагола или предлога (например, «suggests/suggest», «at/on»), основанных на лексике.

Критерии оценки: точность понимания задачи, соблюдение объема (10-12 предложений), использование всей лексики, грамматическая правильность и креативность (создание новых предложений).

Производительность Grok. Запросы на русском языке. Grok продемонстрировал выдающуюся производительность при обработке запросов на русском языке. Для задания с исправлением ошибок он создал упражнение из 12 предложений, полностью соответствующее требованиям. Модель использовала указанную лексику, внедряя ее в предложения с типичными грамматическими ошибками, которые легко распознаются и исправляются. В задании на согласование подлежащего и сказуемого Grok также сгенерировал 12 предложений, точно выделяя подлежащее и исправляя ошибки, при этом активно применяя слова из предоставленного списка. Для упражнения с выбором формы или предлогами модель разработала 12 предложений, где студенты могли выбирать правильные варианты, включая слова из исходных данных. Grok не потребовалось дополнительных указаний, все упражнения были грамматически корректны и отличались новизной.

Запросы на английском языке. На английском языке Grok сохранил высокий уровень производительности. Для исправления ошибок он подготовил 12 предложений, внедряя необходимую в контексты с ошибками, требующими исправления. В задании на согласование подлежащего и сказуемого модель снова создала 12 предложений, демонстрируя точное понимание структуры предложений и используя указанные ранее слова. Для упражнения с выбором формы или предлогами Grok предложил 12 предложений, где лексика была органично встроена в задания с вариантами ответа. Результаты были стабильными, без отклонений от требований и с высоким уровнем креативности.

Производительность Google Gemini. Запросы на русском языке. Google Gemini успешно справилась с заданиями на русском языке, но с некоторыми ограничениями. В задании на исправление ошибок она создала 11 предложений, активно применяя лексику из предоставленного словаря и внедряя ее в предложения с ошибками, которые студенты могли исправить. Для согласования подлежащего и сказуемого модель сгенерировала только 8 предложений, что ниже требуемого объема, хотя использовала слова из списка и точно исправляла ошибки. В упражнении с выбором формы или предлогами Gemini разработала 12 предложений, органично включая требуемую лексику, и предоставила варианты ответа, соответствующие заданию. Модель не нуждалась в уточнениях, но объем в одном из заданий оказался недостаточным ввиду того, что конкретный объем был указан в самом заголовке упражнения.

Запросы на английском языке. На английском языке Gemini показала схожие результаты. Для исправления ошибок она подготовила 12 предложений, используя предоставленные в исходных данных слова, и создала упражнение, полностью соответствующее требованиям. В задании на согласование подлежащего и сказуемого модель снова ограничилась 8 предложениями, но в остальном высокая точность выполнения поставленного задания была достигнута. Для упражнения с выбором формы или предлогами Gemini сгенерировала 12 предложений с необходимой лексикой. Производительность была стабильной, но не всегда соответствовала заданному объему.

Сравнение и выводы. Grok превзошел Google Gemini во всех трех заданиях благодаря стабильному соблюдению объема (10-12 предложений) и полному использованию предоставленной лексики. Он продемонстрировал высокую креативность, создавая разнообразные упражнения без необходимости уточнений. Google Gemini справилась с задачами, но в задании на согласование сокращала объем до 8 предложений, что указывает на меньшую стабильность. Grok превзошел Gemini по надежности, полноте и креативности, что делает его предпочтительным выбором для образовательных задач, где важны точное выполнение требований и разнообразие материала.

Список литературы
1. Сысоев П.В. Использование технологий искусственного интеллекта в обучении иностранному языку: тематика методических работ за 2023 год и перспективы дальнейших исследований // Вестник ТГУ. 2024. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-obuchenii-inostrannomu-yazyku-tematika-metodicheskih-rabot-za-2023-god-i (Дата обращения 30.03.2025).
2. Grok 3 Beta — The Age of Reasoning Agents / xAI. URL: https://x.ai (Дата обращения 30.03.2025).
3. Google Gemini | Launch, Controversy, & Facts // Encyclopaedia Britannica. URL: https://www.britannica.com/technology/Google-Gemini (Дата обращения 30.03.2025).

УДК 372.881.111.1+004

СПОСОБНОСТЬ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ К ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТОВ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ CEFR

Моряков В.Ю., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
vladmoryakovprog@gmail.com
Харьков Д.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
harkov.dima2005@gmail.com
Научные руководители: Артеменко О.А., к.п.н., доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
artemenko.oa@bmstu.ru;
Калугина Л.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
kalugina.lv@bmstu.ru

В исследовании анализируются современные языковые модели искусственного интеллекта (ИИ) — ChatGPT и DeepSeek, применяемые для генерации учебных текстов на английском языке.

- ChatGPT [1] — крупная языковая модель, разработанная OpenAI, способная создавать разнообразные тексты с богатыми лексическими и синтаксическими структурами.
- DeepSeek [2]— языковая модель, ориентированная на точное соблюдение заданного уровня сложности текста, но с ограниченным стилистическим разнообразием.

Оценивается соответствие сгенерированных текстов уровням владения языком по общеевропейской шкале CEFR (Common European Framework of Reference for Languages) [3], которая включает уровни:

- A1 — начальный уровень,
- B1 — средний уровень,
- C1 — продвинутый уровень.

В работе используется методика генерации текстов с использованием заданного словаря и автоматическая оценка качества через библиотеку Textstat, включающую показатели читаемости и сложности:

- Flesch Reading Ease,
- Flesch-Kincaid Grade Level,
- SMOG Index,
- Automated Readability Index (ARI),
- Reading Time.

Для оценки используются количественные метрики и экспертная верификация.

LLMs (Large Language Models) — большие языковые модели, обученные на обширных корпусах текстов, предназначенные для универсальной генерации и обработки естественного языка. Эти модели не всегда строго соответствуют образовательным стандартам CEFR, что требует дополнительного постредактирования.

В ходе исследования выявлены следующие особенности:

- ChatGPT демонстрирует широкий лексический и синтаксический диапазон, но иногда генерирует тексты, выходящие за рамки целевого уровня сложности.
- DeepSeek более точно придерживается заданного уровня, но уступает в стилистическом разнообразии.
- Наблюдается перекрытие диапазонов сложности, затрудняющее однозначное определение уровня CEFR для некоторых текстов.

Перспективы использования ИИ в образовании связаны с улучшением настройки моделей, что позволит ускорить подготовку персонализированных учебных материалов и снизить нагрузку на преподавателей.

Список литературы

1. OpenAI. Language Model Research. 2023. URL: https://openai.com/research (Дата обращения 05.05.2025).
2. DeepSeek AI. Model Capabilities and Limitations. 2023. URL: https://deepseek.ai/research (Дата обращения 05.05.2025).
3. CEFR. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. URL: https://rm.coe.int/1680459f97 (Дата обращения 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ»

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОДОВОЙ ЭКОНОМИИ ОТ УСТАНОВКИ ШТОР ИЗ ПВХ-ПЛЕНКИ В МЕЖРАМНОЕ ПРОСТРАНСТВО ОКОН

Абрасёв Н.С., студент,
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
nik.abrasiov@gmail.com
Миронов Ю.Н., студент,
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
yuramurmans2003@gmail.com
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Шторы из ПВХ-пленки становятся все более популярным решением для повышения энергоэффективности и комфорта в жилых и коммерческих помещениях. Эти шторы не только эстетически привлекательны, но и обладают множеством функциональных преимуществ, которые делают их идеальным выбором для современных интерьеров [1, 2]. Установка штор из ПВХ-пленки может привести к значительной экономии на счетах за отопление. Это делает инвестиции в такие шторы не только разумными, но и выгодными в долгосрочной перспективе. Этот материал обладает высокой прочностью и устойчивостью к воздействию влаги, что делает такие шторы идеальными для использования в помещениях с высокой влажностью, таких как кухни или ванные комнаты. Они легко очищаются от загрязнений и не теряют своего внешнего вида со временем. Их использование не только улучшает внешний вид помещений, но и способствует созданию комфортной атмосферы, снижая затраты на отопление и обеспечивая защиту от внешних факторов [3]. Инвестиции в такие шторы оправданы как с точки зрения улучшения качества жизни, так и с точки зрения финансовой выгоды.

В качестве примера расчета эффективности мероприятия по установке штор из ПВХ-пленки был выбран учебно-административный корпус №3 Калужского кампуса МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основные экономические показатели реализации проекта, с учетом суммарной площади окон, приведены в докладе.

Таблица 1 – Основные экономические показатели

Расходы	Цена, руб./м2	Количество	Стоимость
Материал	46	1991,6	91613,77
Монтаж АВХ-пленки	4, 25	1991,6	8464,31
Итого: 100078			

Экономия от отсутствия платы за энергопотребление составляет 291472,3 р. в год.

При реализации мероприятия «Установка штор из ПВХ-пленки в межрамное пространство окон» за отопительный период достигается экономия 291472,3 руб. Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 100078 руб. Таким образом, срок окупаемости мероприятия составляет 0,34 года или 4, 12 месяца. Срок службы ПВХ-пленки составляет 1 год. Таким образом, мероприятие полностью окупает себя.

Список литературы

1. СП 50. 133320.2012 «Тепловая защита зданий». 2013. 139 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200095525 (Дата обращения 05.05.2025).

2. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». 2012. 113 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200095546 (Дата обращения 05.05.2025).
3. СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные». 2005. 17 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200008165 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ Г. КАЛУГИ

Апокин И.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
igorek_apokin@mail.ru
Федин Р.Р., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
romanfedin1809@yandex.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

На примере г. Калуга проведён анализ потенциальной эффективности внедрения ветрогенераторов. Основными факторами, влияющими на выработку электроэнергии, являются среднегодовая скорость ветра, рельеф местности и доступность инфраструктуры [1].

Проектирование ветроэнергетических систем для районов со среднегодовыми скоростями ветра ниже 6 м/с требует дополнительного обоснования с расчетом ожидаемой выработки энергии и ее сопоставления с данными потребности и оценкой приемлемости полученных результатов по экономическим показателям для конкретных потребителей [2]. Чтобы оценить количество ветрогенераторов, необходимых для обеспечения энергопотребления города Калуга (7 065,5 млн кВт·ч в 2020 году), при средней скорости ветра 3–5 м/с, рассмотрим следующие аспекты:

1. Выбор модели ветрогенератора:

В России популярны ветрогенераторы мощностью около 2 МВт. Например, установка мощностью 2 000 кВт при средней скорости ветра 5 м/с способна производить около 2 300 000 кВт·ч электроэнергии в год.

2. Производительность при средней скорости ветра 3–5 м/с:

При средней скорости ветра 3 м/с выработка электроэнергии будет значительно ниже, чем при 5 м/с. Однако точные данные для скорости 3 м/с не предоставлены. Известно, что при 5 м/с ветрогенератор мощностью 2 МВт производит около 2 300 000 кВт·ч в год.

Параметры и значения выбранного ветргогенератора [3]:

Диаметр ротора	108 м
Ометаемая площадь	9144 м2
Количество лопастей	3 шт.
Длина лопастей	52,6 м
Масса ротора (т)	43.2
Масса ступица ротора (т)	17.5
Масса гондолы (т)	82

Расчет необходимого количества ветрогенераторов:

При средней скорости ветра 5 м/с: общее энергопотребление Калуги составляет 7065500000 кВт·ч. Один ветрогенератор мощностью 2 МВт при 5 м/с производит 2300000 кВт·ч в год. Необходимое количество ветрогенераторов:

$$n = \frac{7065500000}{2300000} = 3072 \text{ шт.}$$

Цена одного ветрогенератора приблизительно 70 млн. рублей.

За 1 час ветрогенератор вырабатывает:

$$2000 \cdot 0{,}13 = 260 \text{ кВт}$$

За 1 день:

$$260 \cdot 24 = 6240 \text{ кВт}$$

За 1 год:

$$6240 \cdot 365 = 2.277.600 \text{ кВт}$$

За весь срок службы:

$$2.277.600 \cdot 20 = 45.552.000 \text{ кВт}$$

$$\frac{70000000}{45.552.000} = 1{,}54 \text{ руб за кВт/ч}$$

Срок окупаемости при среднем тарифе 6,5 рублей за кВт/ч в месяц (78 рублей в год):

$$\frac{70000000}{2277600} = 0{,}394 \text{ года } (4{,}73 \text{ месяца})$$

По результатам расчета можно сделать вывод, что с экономической точки зрения установка ветрогенераторов в г. Калуга выгодна. Однако с точки зрения размещения и занимаемой территории установка 3000 ветрогенераторов в г. Калуге невозможна.

Список литературы

1. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Сокольский А.К., Харитонов В.П. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. М.: Интерсоларцентр, 2001. 14 с.
2. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.: Академия сельхознаук, 2006. 117 с.
3. ETW cloud. Ветрогенераторы мощностью 2,5 МВт. URL: https://www.etwinternational.ru/1-3-2-wind-turbines-51383.html (Дата обращения 25.03.2025).

УДК 620.98

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГЕННЫХ СВОЙСТВ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE

Артемьева А.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
sasha2006artemjeva@yandex.ru
Пристромская Т.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
pristromskayata@student.bmstu.ru
Прудников А.Ф., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
b.bolshedor@gmail.com,
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

В рамках исследования изучено влияние различных факторов на электрический заряд дрожжевых клеток. Установлено, что на электрический заряд клеток влияют физико-химические факторы внешней среды, такие как pH, наличие растворенного кислорода и источника углерода в субстрате, наличие постоянной оптимальной температуры. На основе

полученных данных сделан вывод о том, что путём варьирования и подбора определённых факторов можно достичь улучшения электрогенных свойств дрожжей [1]. Использование электрогенных свойств дрожжей может обеспечить доступный в экономическом плане переход к экологически чистой энергетике. Микробные топливные элементы способны заменить современные двигатели, работающие на углеводородном топливе.

В каждую анодную камеру двух микробных топливных элементов вносим дрожжи штамма Saccharomyces cerevisiae по 48.5 г, предварительно измельчив их на. Добавляем к дрожжам 225 мл физраствора натрия хлорид 0.9% в каждую анодную камеру. В одной из камер создаем питательную среду путем вноса источника углерода – сахарозы 8 г. Полисахариды, такие как сахароза, не являются легкодоступным источником углерода для дрожжевых клеток, однако S. Cerevisiae секретируют фермент инвертазу, расщепляющую сахарозу на фруктозу и глюкозу. Дрожжи Saccharomyces cerevisiae естественным образом метаболизируют сахарозу либо путем ее гидролиза в периплазматическом пространстве, либо посредством прямого поглощения через активный транспорт дисахарид и его гидролиз в цитозоле. В контрольном контейнере в катодную камеру с изолированным медным катодом вносим 50 мл физраствора натрия хлорид 0.9%. Закрываем контейнер не полностью, обеспечивая дальнейшую аэрацию в среде с микроорганизмами, так как наличие растворенного в среде кислорода обеспечивает рост микробов [2]. Помещаем оба микробных топливных элемента в термостат с постоянной оптимальной температурой, которая находится в диапазоне от 28°C до 33°C, и наличием вентилируемого воздуха. В течение 10 дней измеряем с помощью амперметра силу тока и с помощью вольтметра напряжение производимое дрожжами S. cerevisiae в каждом микробном топливном элементе.

Таким образом, дрожжи Saccharomyces cerevisiae обладают электрогенными свойствами [3]. Их использование в качестве биокатализаторов в микробных топливных элементах способствует преобразованию энергии химических связей в поток электронов путем окисления органических соединений.

Список литературы

1. Меледина Т.В., Давыденко С.Г. Дрожжи Saccharomyces cerevisiae. Морфология, химический состав, метаболизм: учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 88 с.
2. Цикл трикарбоновых кислот. URL: https://medach.pro/post/2176 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Меледина Т.В. Факторы, влияющие на поверхностный заряд дрожжевых клеток (Saccharomyces cerevisi) / Т. В. Меледина и др. // Биотехнологические и микробиологические аспекты. 2020. № 2. С. 77-78. URL: https://books.ifmo.ru/file/pdf/1892.pdf (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 621.314

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Бабич М.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
babich_matvey_42@mail.ru
Бордуков Д.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
kaluga0356@mail.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Элемент Пельтье — это полупроводниковое устройство, которое при прохождении электрического тока создает разницу температур. В основе работы элементов Пельтье лежит

контакт двух токопроводящих материалов с разными уровнями энергии электронов в зоне проводимости. Хотя эта технология существует уже некоторое время, её применение в энергосбережении все еще находится в стадии развития, и потенциал ее использования в нашей жизни значителен, хотя и не лишен ограничений [1, 2]. Они используются в электронных устройствах, таких как кулеры процессора, для поддержания стабильной температуры. Также элементы Пельтье могут использоваться для быстрого циклического изменения температуры материала, что делает их полезными в исследованиях в области материаловедения. Помимо этого, они используются в космических кораблях и спутниках для регулирования температуры и в автомобилях для охлаждения электронных компонентов .

Основной проблемой в построении элементов Пельтье с высоким КПД является то, что свободные электроны в веществе являются одновременно переносчиками и электрического тока, и тепла. Материал для элемента Пельтье же должен одновременно обладать двумя взаимоисключающими свойствами — хорошо проводить электрический ток, но плохо проводить тепло. Несмотря на ограничения, потенциальная польза от использования элементов Пельтье для энергосбережения в жизни человека очевидна. К основным преимуществам их относят:

1. Снижение энергопотребления: точное и локализованное охлаждение или обогрев может снизить общее потребление энергии в домах, офисах и на транспорте.

2. Экологическая устойчивость: преобразование отработанного тепла в электроэнергию может снизить выбросы парниковых газов и уменьшить зависимость от ископаемого топлива [3].

Элемент Пельтье - интересная технология с потенциалом для энергосбережения и улучшения жизни человека. Однако, низкая эффективность и высокая стоимость остаются основными препятствиями для широкого распространения. Дальнейшие исследования и разработки, направленные на повышение эффективности и снижение стоимости, могут открыть новые возможности для использования этой технологии в будущем. В первую очередь, стоит рассматривать элементы Пельтье в нишевых применениях, где важны компактность, надежность и точность контроля температуры, а энергоэффективность не является определяющим фактором.

Список литературы

1. Иорданишвили Е.К. Термоэлектрические источники питания. М.: Советское радио, 1968. 370 с.
2. Гнусин П.И. Исследование эффективности элемента Пельтье при различных режимах работы» // Видеонаука. 2016. В. 1. № 1. С. 20-27.
3. Анатычук Л.И., Семенюк В. А. Оптимальное управление свойствами термоэлектрических материалов и приборов. Черновцы: Прут, 1992. 364 с.

УДК 620.92

РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ПАСЕК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Белова А.С., аспирант
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
belova.a@bmstu.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

В настоящее время агропромышленный комплекс (АПК) зависит от традиционных источников энергии, таких как электроэнергия из централизованных сетей, дизельные

генераторы и природный газ. Однако рост тарифов, экологические проблемы и необходимость повышения энергоэффективности стимулируют поиск альтернативных решений. В этом контексте возобновляемые источники энергии (ВИЭ) становятся перспективным направлением для обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства. Среди нетрадиционных и возобновляемых источников энергии наиболее востребованными являются солнечная и ветровая энергия. В Беларуси, например, климатические условия позволяют эффективно использовать солнечные панели, особенно в южных регионах, где инсоляция достигает высоких значений. [1] Фотоэлектрические установки могут применяться для энергоснабжения ферм, теплиц, систем орошения и перерабатывающих предприятий. Ветрогенераторы могут обеспечивать электроэнергией удалённые сельскохозяйственные объекты, снижая зависимость от дизельного топлива.

Наибольшую эффективность ВИЭ демонстрируют в удалённых и изолированных сельскохозяйственных объектах, где подключение к централизованным энергосетям сопряжено со значительными техническими и экономическими трудностями. Особый интерес представляют мобильные и временные агропромышленные комплексы, включая передвижные животноводческие фермы, полевые перерабатывающие модули и временные сельскохозяйственные базы. Для таких объектов оптимальным решением становятся компактные и мобильные ВИЭ-установки, характеризующиеся быстрым развёртыванием и возможностью адаптации к изменяющимся производственным условиям.

Наибольший энергетический и экологический эффект от внедрения возобновляемых источников энергии наблюдается на предприятиях агропромышленного комплекса со значительным объёмом органических отходов. Для таких объектов особую ценность представляют биогазовые технологии, позволяющие не только генерировать электро- и теплоэнергию, но и утилизировать органические отходы, снижая экологическую нагрузку на окружающую среду.

Современные технологические решения предоставляют агропромышленному комплексу дополнительные возможности по решению экологических задач. Особого внимания заслуживают микробные топливные элементы (МТЭ), которые позволяют совмещать процессы генерации энергии с очисткой сточных вод. Данная технология основана на способности электрогенных микроорганизмов окислять органические соединения, содержащиеся в сточных водах, с одновременной выработкой электрического тока. Перспективным направлением является применение МТЭ для утилизации осадков сточных вод, включая переработанный и высушенный ил. [2]

Одной из ключевых проблем интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в агропромышленный комплекс (АПК) являются трудности в оценке перспективности применения конкретных видов ВИЭ и их экономической эффективности. Выбор оптимального источника энергии требует комплексного анализа множества факторов. Кроме того, экономическая эффективность ВИЭ зависит от тарифов на традиционную энергию, доступности государственных субсидий и долгосрочных тенденций развития энергорынка [3]. Для объективной оценки целесообразности внедрения ВИЭ в АПК необходимо применять системный подход, включающий технико-экономическое моделирование, анализ жизненного цикла оборудования и расчёт сроков окупаемости. Инновационным, но недостаточно изученным направлением использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в агропромышленном комплексе является их применение в системах контроля кочевых пасек. Особенность пчеловодства заключается в необходимости регулярного перемещения ульев для оптимизации медосбора, что исключает возможность подключения к стационарным электросетям. Наиболее рациональным решением данной проблемы представляется использование автономных гибридных энергосистем на основе ВИЭ. Компактные солнечные панели, интегрированные в конструкцию ульев или пасечных платформ, могут обеспечивать базовое энергопотребление в дневное время. Перспективным направлением является применение микробных топливных элементов (МТЭ), которые будут вырабатывать

электроэнергию вне зависимости от наличия солнца или ветра, что позволит сделать энергетическую систему значительно стабильнее.

Список литературы

1. Полищук А.А., Михальцевич Г.А. Использование возобновляемых источников энергии в аграрно-промышленном комплексе // Журнал «Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ». 2012. № 4. С. 42-45.
2. Кусачева С.А., Никулин С.И., Сафронова М.Е., Бархатов С.Д., Артемьева А.А., Кусачева Е.А., Алимханов Р.Р., Федорова З.С., Алёшин И.В., Воронин А.А. Применение высушенного активного ила в микробных топливных элементах и гибридных зарядных устройствах // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе.: материалы Всероссийской научно-технической конференции (Калуга, 14-16 ноября 2023 года) : в 2 т. / МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский ун-т). Калужский филиал. 2024. Т. 2. Секции 12-18. С. 234-237.
3. Кешунов С.А., Байсенова Г.С., Молдыбаева Н.И. Синтез структуры систем автономного энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии. // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. 2020. С.16-26.

УДК 620.92

ТРАДИЦИОННАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Вальтер М.Е., студент
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»
valterme@student.bmstu.ru
Квасов Д.А., студент
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»
jasfegg@gmail.com
Симоненко А.А., студент
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»
simonenkoarina97@gmail.com
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

История теплоэнергетики началась с момента, когда человек впервые начал использовать огонь для обогрева жилища. В XVIII веке с развитием промышленной революции и изобретением паровых машин уголь стал основным источником тепловой энергии. В XX веке его место постепенно заняли нефть и природный газ, благодаря их более высокой энергетической эффективности и удобству использования. С конца XX века начала развиваться альтернативная теплоэнергетика. [1]

Недостатки и негативные эффекты теплоэнергетики: 1. Выбросы углекислого газа и загрязнение воздуха. Использование ископаемого топлива в традиционной теплоэнергетике сопровождается значительными выбросами парниковых газов и токсичных веществ. 2. Зависимость от невозобновляемых ресурсов. Ископаемые источники топлива истощаются, а их добыча становится все более затратной. 3. Экологический ущерб. Добыча угля, нефти и газа приводит к разрушению природных ландшафтов и загрязнению окружающей среды.

Преимущества теплоэнергетики: 1. Доступность. Ископаемые виды топлива широко распространены, что делает их удобными для массового использования. 2. Стабильность выработки энергии. В отличие от некоторых возобновляемых источников, таких как солнечная или ветровая энергия [2], ТЭС обеспечивают непрерывную подачу электричества. 3. Экономичность. В регионах с большими запасами топлива традиционная теплоэнергетика остается относительно недорогим способом получения энергии. 4. Адаптивность.

Теплоэнергетика может использовать различные виды топлива, включая отходы, что позволяет снизить их накопление и воздействие на окружающую среду.

Также одним из наиболее перспективных и популярных направлений альтернативной энергетики является использование топливных брикетов. Они позволяют не только эффективно перерабатывать отходы, но и обеспечивать тепло с минимальным воздействием на окружающую среду. Таким образом, их внедрение способствует созданию более экологически чистой системы теплоэнергетики [3].

Таким образом, теплоэнергетика, переживающая переход от традиционных к альтернативным источникам энергии, играет важную роль в решении экологических и экономических задач.

Список литературы

1. Системный оператор единой энергетической системы Russian power system operator: URL: https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/26552/ (Дата обращения 05.05.2025).
2. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.: Академия сельхознаук. 2006. 117 с.
3. Мировая выработка электроэнергии: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_производству_электроэнергии (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 620.92

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЗЕМЛЕ И В КОСМОСЕ

Клышников А.Ю., студент
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»
a.klyshnikov@mail.ru
Сафронова М.Е., аспирант, м.н.с.
ГНЦ РФ – ИМБП РАН
svetlaya.dom@mail.ru
Шендо С.А., студент
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»
Shendo@mail.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Потребление энергии служит необходимым условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии физически, биологически и исторически необходимо для удовлетворения любых потребностей человека, в связи с чем история цивилизации может рассматриваться и как история изобретения новых методов преобразования энергии, освоения ее новых источников и в конечном итоге увеличения энергопотребления. В связи с выходом человечества за пределы Земли, неоспоримым является факт необходимости поиска дополнительных источников его энергоснабжения. В качестве такого источника уже более 100 лет рассматриваются микробные топливные элементы.

Применение МТЭЛ на данный момент является перспективным в целях переработки отходов на будущих космических базах, [1]. Микробные топливные элементы могут быть использованы в жизнедеятельности на космических станциях. Они могут не только производить энергию, но и играть значимую роль в поддержании экосистемы. В условиях длительных миссий важно иметь устройства, эксплуатируемые в течение многих лет без обслуживания. Микробные топливные элементы могут стать ключевым элементом таких

систем. Преимуществами их применения в данных условиях будут являться высокая степень автономности и минимальная потребность в обслуживании [2].

Ранее нами экспериментально показана более высокая эффективность работы модифицированной ранее разработанной конструкции МТЭЛ с магнитами в сравнении с исходной аналогичной конструкцией МТЭЛ без магнитов. Предлагаемая конструкция может иметь широкое применение в качестве альтернативного источника энергии.

В настоящее время приобретает особую актуальность вопрос применения различных двигателей, работающих от альтернативных источников энергии, что объясняется необходимостью поиска новых источников энергии в условиях современного энергоперехода, а также проблемами охраны окружающей среды. Известен и применяется ряд альтернативных топлив, а также гибридные энергосистемы, обеспечивающие бесперебойную работу транспортных средств. Все эти источники энергии имеют свои преимущества и недостатки. Одним из источников доступной, сравнительно дешевой и возобновляемой энергии является применение особых каталитических свойств электрогенных микроорганизмов [3].

Список литературы

1. Смирнов И.А., Ильин В.К., Тюрин-Кузьмин А.Ю. и др. Микробный топливный элемент в орбитальном полете космического аппарата «Фотон-М4» // Авиакосм. и экол. мед. Т. 52. № 5. С. 58–61.
2. Кусачева С.А., Анфилов К.Л., Егоров Н.С. и др. Исследование направлений повышения производительности микробных топливных элементов // Сб. науч. ст. по итогам работы Междунар. науч. форума «Наука и инновации – современные концепции» (г. Москва, 8 октября 2021 г.). М., 2021. С. 125–131.
3. Захаров Е.В., Сультимова Т.Д., Стом Д.И. Получение электрического тока из сельскохозяйственных отходов при помощи микробных топливных элементов // «Биотехнология и общество в XXI веке» в рамках Международного биотехнологического симпозиума «Bio-Asia — 2015» (Барнаул, 15–18 сентября 2015 г.): сборник статей. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 350–352.

УДК 620.98

ГИБРИДНАЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКА НА ОСНОВЕ ВОДОРОДНОГО И МИКРОБНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТОВ

Клышников А.Ю., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
a.klyshnikov@mail.ru
Шендо С.А., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
Shendo@mail.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Перспективным направлением развития устойчивой зарядной инфраструктуры для электромобилей является создание гибридных энергетических систем, объединяющих ВИЭ с инновационными технологиями преобразования биомассы и водородной энергетики. В рамках данной концепции предлагается интеграция микробных топливных элементов (МТЭ) и водородных топливных элементов (ВТЭ) в качестве дополнительных источников энергоснабжения, что позволит повысить надежность системы, обеспечить круглосуточную работу зарядных станций и реализовать принципы циркулярной экономики за счет утилизации органических отходов [1, 2].

Микробные топливные элементы в данной системе выполняют функцию биологических преобразователей, вырабатывающих электроэнергию за счет окисления органических субстратов (например, сточных вод, сельскохозяйственных отходов или специально культивируемых микроводорослей) электрогенными микроорганизмами. В конструкции МТЭ анодная камера заполнена бактериальным консорциумом, который в процессе метаболизма разлагает органику, выделяя электроны и протоны. Электроны через внешнюю цепь поступают на катод, где в сочетании с протонами и кислородом образуется вода, генерируя электрический ток. Преимуществом данной технологии является возможность использования в качестве сырья широкого спектра органических отходов, что превращает зарядные станции не только в потребителей, но и в утилизаторы биологических отходов [1, 3].

Водородные топливные элементы в предлагаемой системе выполняют две ключевые функции: во-первых, они служат резервным источником энергии в периоды недостаточной генерации от ВИЭ и МТЭ; во-вторых, они обеспечивают хранение избыточной энергии в форме водорода, производимого методом электролиза воды с использованием электричества. В периоды пикового спроса на зарядку или при отсутствии ветра и солнца накопленный водород подается в ВТЭ, где в результате реакции с кислородом генерируется электричество с выделением в качестве побочного продукта только воды. Для повышения эффективности системы может быть реализована схема комбинированного использования биоводорода (получаемого в процессе переработки органики в МТЭ) и "зеленого" водорода (производимого электролизерами на ВИЭ) [2].

В рамках данного исследования будет проведен комплексный анализ эффективности различных компонентов гибридной энергетической системы, включая ВИЭ, МТЭ и водородные технологии. Первоначальный этап работы предполагает детальную оценку энергетической эффективности каждого компонента системы в различных климатических и эксплуатационных условиях.

На основании полученных данных будет разработана математическая модель, интегрирующая все компоненты системы в единый энергетический комплекс. Экспериментальная эксплуатация прототипа позволит провести верификацию математических моделей, оценить реальные показатели эффективности системы и выявить потенциальные направления для оптимизации. Полученные результаты лягут в основу рекомендаций по масштабированию технологии и ее внедрению в реальных условиях городской инфраструктуры.

Список литературы

1. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. / Министерство образования и науки Российской Федерации. Науч. ред. С. Е. Щеклеин. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. 229 с.
2. Вахрушев М.А. Анализ эффективности использования зарядных станция для электромобилей. // Столыпинский вестник. 2022. № 4. С. 2319-2331.
3. Захаров Е.В., Сультимова Т.Д., Стом Д.И. Получение электрического тока из сельскохозяйственных отходов при помощи микробных топливных элементов // Биотехнология и общество в XXI веке: сборник статей Международной научно-практической конференции в рамках Международного биотехнологического симпозиума «Bio-Asia — 2015» (Барнаул, 15–18 сентября 2015 г.). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 350–352.

УДК 620.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ ГЕЛИОКОНЦЕНТРАТОРА ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА

Кушпита И.М., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
ilyaxx2005@gmail.com
Сверкунов А.П., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
sverkynovtoni@mail.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Принцип действия параболического концентратора основан на концентрации электромагнитного излучения Солнца в области, где находится геометрический фокус параболической поверхности гелиоконцентратора.

Рассчитать фокальное расстояние возможно, зная уравнение параболы, образуемой рабочей поверхностью. Само же уравнение можно определить, зная две величины: диаметр гелиоконцентратора d и расстояние h от вершины параболы до диаметра. Здесь диаметром параболического гелиоконцентратора назван диаметр наибольшего круглого сечения параболоида, которое при этом было бы перпендикулярно фокальной оси. Зная эти величины, можно подобрать уравнение параболы с помощью графического калькулятора.

Попадая на какую-либо поверхность, свет частично отражается (если это не абсолютно черное тело($\theta=1$)) и частично поглощается (если это не абсолютно белое тело($\theta=0$)). Абсолютно черное и белое тела в данном случае не учитываются. Энергия отраженного света меньше, чем энергия той же волны до отражения, в силу эффекта поглощения. Поглощение света в твердых телах происходит, когда электромагнитные волны взаимодействуют с электронами атомов материала твердого тела, вызывая их переход на более высокие энергетические уровни.

Зная площадь параболоида S, отражательную способность его поверхности θ и интенсивность падающего на него излучения n, можно рассчитать энергию излучения, проходящего через фокус параболоида.

Нами был проведен эксперимент по нагреву ёмкости с водой с помощью гелиоконцентратора. Площадь отражающей поверхности гелиоконцентратора S=1,84м^2, коэффициент отражения алюминиевой пленки [2] $\theta=0,7$, интенсивность солнечного излучения n=635 Вт/м^2. Гелиоконцентратор находился на улице и был ориентирован ортогонально к потоку солнечных лучей. Масса алюминиевой кастрюли $m_{ал}$=0,3 кг, масса воды в ней - $m_{во}$=1 кг. Для расчета также необходим коэффициент поглощения алюминия [3] $\varphi=(1-\theta)=0,3$. В ходе эксперимента удалось растопить помещенный в ёмкость снег и повысить температуру образовавшейся воды в емкости от -3°С (снег с температурой окружающей среды) до +21°С.

Составим уравнение, показывающее какое количество теплоты Q нам потребовалось сообщить для нагрева на Δt=24°С:

$$Q = m_{\text{ал}} \cdot c_{\text{ал}} \cdot \Delta t + m_{\text{вд}} \cdot c_{\text{вд}} \cdot \Delta t = 107{,}2\text{кДж} \quad (1)$$

Мощность гелиоконцентратора N определяется уравнением:

$$N = S \cdot n \cdot \varphi \cdot \theta = 246{,}7\text{Вт} \quad (2)$$

Из определения мощности:

$$\tau = \frac{Q}{N} \approx 435c = 7{,}25 \text{ мин} \quad (3)$$

Замеры производились 25 февраля 2025 года с 12:41 до 12:53, температура окружающего воздуха составляла примерно 0 градусов по Цельсию, ветер в течение этого дня имел скорость 2 м/с.

В связи с неидеальными условиями практически любого эксперимента, при проведении данного эксперимента имела место конвекционная теплопередача от тела нагрева к окружающей среде, которую в данном расчете не учитывалась, вследствие чего возникает несоответствие расчетного времени нагрева и времени, которое было затрачено на проведение эксперимента.

Список литературы

1. Черное и белое. URL: https://photographerslib.ru/books.php?book_id=0003.0011&clckid=1e9ec385 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Ефимов А.В., Каракулин А.Ф., Коган С.М., Поспелов А.С., Шостак Р.Я. Сборник задач по математике для втузов. В 4 частях. Ч. 2: учебное пособие для втузов / Под общ. ред. А.В. Ефимова и А.С. Поспелова. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. 432 с.
3. Нефедов С.С., Епифанов В.И., Гаркуша К.В. Методика расчета концентраторной системы с многоугловыми жалюзийными гелиостатами. // Агропанорама. Серия Энергентика. Транспорт. URL: https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/12556/5/2021_1.8.metodika.pdf?ysclid=m909ags2e3911943983 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 620.92

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В МИКРОБНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

Махоткин Е.И., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
JapanAutoDocc71@yandex.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Математическое моделирование в микробных топливных элементах (МТЭ) представляет собой особенно важное и значимое направление исследований, направленных на улучшение их эффективности и оптимизацию процессов производства энергии с использованием микроорганизмов. МТЭ — это устройства, которые используют микроорганизмы для превращения органических веществ в электрическую энергию посредством специфических биореакций. Моделирование позволяет исследовать и прогнозировать поведение и динамику систем, что важно для разработки более эффективных и устойчивых технологий. Математические модели МТЭ многофункциональны. Они могут использоваться для:

- оптимизации структуры и дизайна устройства: Например, можно моделировать расположение электродов, толщину мембран, площадь поверхности для получения максимальной мощности и одновременной минимизации потерь.

- прогнозирования поведения системы: Модели позволяют предсказать различные изменения в условиях (например, концентрации субстрата, температуры и др.) и их влияние на процессы в микробных топливных элементах [1].

Математическое моделирование играет важную роль в оптимизации и развитии практического использования микробных топливных элементов. Оно позволяет глубже

понять физико-химические и биологические процессы, происходящие в этих системах, и на этой основе создавать более эффективные и устойчивые технологии производства энергии.

В качестве примера ниже рассмотрена математическая модель, описывающая процессы, происходящие в МТЭ, использующем донные отложения. Она включает [2], [3]::

Дифференциальные уравнения электро-диффузионных процессов. Здесь $\frac{dq_a^+}{dt}$- скорость изменения заряда положительных ионов; Am – скорость изменения заряда вследствие деятельности бактерий; $-M(\frac{q_a^+}{V_a}-\frac{q_k^+}{V_k})+E(\frac{q_a^- - q_a^+}{l_a}+q_k^+ l_k)$ – поток положительных ионов через мембрану. Первое слагаемое описывает диффузионную составляющую, а второе кулоновскую; Bq - скорость высвобождения заряда из донных отложений.

$$\frac{dq_a^+}{dt} = Am - M(\frac{q_a^+}{V_a}-\frac{q_k^+}{V_k})+E(\frac{q_a^- - q_a^+}{l_a}+q_k^+ l_k)+Bq \quad (1)$$

Уравнение описывает изменение заряда отрицательных ионов в анодной камере, в этом уравнении. $\frac{dq_a^-}{dt}$ –скорость изменения заряда отрицательных ионов, I -сила тока в проводнике.

$$\frac{dq_a^-}{dt} = Am - I + Bq \quad (2)$$

Уравнение описывает изменение заряда положительных ионов в катодной камере, где величина $\frac{dq_k^+}{dt}$ – скорость изменения заряда положительных ионов в катодной камере.

$$\frac{dq_k^+}{dt} = M(\frac{q_a^+}{V_a}-\frac{q_k^+}{V_k})-E(\frac{q_a^- - q_a^+}{l_a}+q_k^+ l_k)-I \quad (3)$$

Уравнение соответствует закону Ома для проводника, соединяющего клеммы микробного топливного элемента. Здесь $G\frac{q_k^+}{R(l_a+l_k)}$ – разность потенциалов между анодом и катодом.

$$I = G\frac{q_k^+}{R(l_a+l_k)} \quad (4)$$

Уравнение описывает высвобождение заряда из донных отложений, величина $\frac{dq}{dt}$ –скорость высвобождения заряда.

$$\frac{dq}{dt} = Bq \quad (5)$$

Дифференциальные уравнения кинетики биологических процессов. Уравнения моделируют процесс расходования органического субстрата и изменения суммарной массы бактерий соответственно.

В работе предложена математическая модель МТЭ мембранного типа на основе усреднения по объему катодной и анодной камер. Предложенная модель учитывает: электро-диффузионные процессы, происходящие в анодной и катодной камере (1)–(4), высвобождение заряда из донных отложений (5), процесс расходования органического субстрата и процесс изменения суммарной массы бактерий. Представленные результаты могут быть положены в основу обоснования выбора остальных характеристик математических моделей процессов, происходящих в МТЭ: что позволит лучше понять процессы, происходящие в этих системах и будет способствовать выявлению новых перспектив их применения.

Список литературы

1. Дроботенко М.И., Волченко Н.Н., Самков А.А., Свидлов А.А. Математическое моделирование процессов в микробном топливном элементе мембранного типа. // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2016. № 4. С. 47–51.

2. Демидович Б.П., Моденов В.П. Дифференциальные уравнения: учебное пособие. / 3-е изд., стер. СПБ.: Издательство «Лань», 2008. 288 с.

3. Oliveira V.B., Simoes M., Melo L.F., Pinto A.M.F.R. A 1D mathematical model for a microbial fuel cell // Energy. 2013. № 61. Pp. 463–471.

УДК 620.92

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ: СИСТЕМНЫЙ ОБЗОР

Тимофеев М.В., студент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительный»
tmv24km219@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Геотермальная энергия, использующая тепло Земли, представляет собой перспективный и экологически чистый источник энергии. В отличие от традиционных геотермальных ресурсов, которые требуют наличия естественных гидротермальных систем, усовершенствованные геотермальные системы (УГТС) позволяют использовать геотермальную энергию в более широком диапазоне геологических условий. Это открывает возможности для развития геотермальной энергетики в регионах, где традиционные геотермальные ресурсы ограничены или отсутствуют.

Данный обзор призван систематизировать существующие знания об УГТС, охватывая ключевые аспекты разработки, технологий и перспектив. Цель работы – представить структурированное описание методов, исследований и результатов, полученных в области УГТС, а также выявить основные направления для дальнейших исследований и разработок.

Технологии «усовершенствованных геотермальных систем» (Enhanced Geothermal System, EGS) относятся к петротермальной энергетике и представляют собой метод получения тепловой энергии из земной коры посредством пропускания закачиваемой жидкости через зону повышенной проницаемости в горячих скальных породах на большой глубине. Системный подход к анализу УГТС включает в себя рассмотрение следующих ключевых компонентов:

1. Технологии бурения и закачивания скважин: Эффективное бурение и создание разветвленной сети трещин в горных породах является критически важным для обеспечения достаточного теплообмена. Традиционные методы бурения могут быть неэффективны в условиях высокой температуры и твердых пород, характерных для УГТС. Альтернативные методы, такие как бурение плазменной дугой [1] или лазерное бурение [2], могут предложить более высокую скорость и эффективность, однако требуют дальнейших исследований и оптимизации.

2. Методы интенсификации теплообмена: Создание и поддержание высокой проницаемости в горной породе является ключевым фактором для обеспечения эффективной циркуляции теплоносителя. Для этого используются различные методы, включая гидроразрыв пласта [3], химическую стимуляцию и термомеханическую обработку [3]. Выбор оптимального метода зависит от геологических условий и характеристик горных пород.

3. Геохимия флюидов: Состав и свойства теплоносителя играют важную роль в эффективности теплообмена и коррозионной стойкости оборудования. Использование суперкритических флюидов [6] или растворов солей может улучшить теплопередачу, однако требует тщательного анализа геохимической совместимости с горными породами и оборудованием.

4. Оценка ресурсного потенциала: Определение доступной тепловой энергии и долгосрочной устойчивости УГТС является сложной задачей, требующей комплексного геофизического и геохимического моделирования. Методы машинного обучения и анализа

больших данных могут быть использованы для улучшения точности прогнозирования и оптимизации параметров разработки УГТС.

Основной принцип работы УГТЦ: в пробуренных скважинах прокладывают трубы и закачивают в них воду. Жидкость нагревается за счёт тепла горячих источников, становится паром и под давлением попадает на лопасти турбины, вращая их. Геотермальные установки вырабатывают электроэнергию, пар охлаждается, вновь становится жидкостью, и цикл повторяется. Также существует бинарный принцип работы.

Инновационный принцип работы: на сравнительно небольшой глубине прокладывается несколько длинных горизонтальных скважин. В них под давлением закачивается жидкость, что приводит к гидроразрыву пород вокруг. Образуется «пятно» с множеством щелей в нагретой породе, куда поступает вода, а после нагрева и превращения в пар она откачивается через другую скважину. Такой подход позволяет собрать гораздо больше пара, при этом уменьшается количество буровых работ на глубине. УГТС представляют собой перспективный и устойчивый источник геотермальной энергии, который может внести значительный вклад в декарбонизацию энергетического сектора. УГТС могут быть применены для широкого спектра задач, включая отопление, электрогенерацию, промышленные процессы и опреснение воды, что делает их важным элементом устойчивой энергетической системы будущего.

Список литературы

1. Юдин В. и др. Лазерно-индуцированная спектроскопия пробоя для диагностики скважин и оптимизации добычи геотермальной энергии. // Прикладная физика. 2020. В. 126. № 1. С. 1-13.
2. Гассеми А. Гидравлический разрыв пласта в естественно трещиноватых коллекторах. // Международный журнал механики горных пород и горного дела. 2003. В. 40. № 7-8. С. 1021-1039.
3. Тестер Дж. В. и др. Конкретные исследования усовершенствованных геотермальных систем. // Geothermics. 2006. В. 35. № 4. С. 452-488.

СЕКЦИЯ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СНТО КФ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА: НАСТАВНИЧЕСТВО И ПАРТНЕРСТВО»

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И БИОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Прудников А.Ф., студент,
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и управление»
b.bolshedor@gmail.com
Научный руководитель: Кусачева С.А., к.б.н., доцент, зав. каф.
КФ МГТУ им. Баумана, факультет «Машиностроительный»

Исследование электрохимических и биоэлектрохимических процессов в микробных топливных элементах (МТЭ) является важной областью научных изысканий, которая направлена на создание альтернативных источников энергии, использующих биологические процессы для производства электричества. МТЭ могут стать эффективными устройствами для получения энергии из органических отходов, биомассы и других экологически чистых источников.

МТЭЛы находят все более широкое применение в различных областях деятельности человека, в том числе, в медицине, а именно в качестве элемента питания для различных стимуляторов и имплантов. Возможность генерации тока бактериями известна достаточно давно. Возможность их применения в разных условиях – от ЖКХ до космоса, показана в ряде работ [1 - 3]. Перечень устройств, которые могут заряжаться от импланта, генерирующего электрический ток и помещенного в организм человека, приведен в таблице 1.

Устройства, способные работать от МТЭЛ в организме человека и их потребляемая мощность:

Кардиостимуляторы	5–10 мкВт
Кохлеарные импланты	20–50 мВт
Нейростимуляторы	1–10 мВт
Стимуляторы спинного мозга	5–20 мВт
Ретинальные импланты	5–10 мВт
Бионические протезы	50–200 мВт
Имплантируемые кардиовертеры	50–100 мкВт (до 2 Вт при разряде)

В рамках совместной экспериментальной работы, выполненной обучающимися МБОУДО ЦРТДиЮ «Созвездие» г. Калуги, НСП МЭШДОМ, средних школ и студентами КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, была проведены исследования возможности электрохимической и биоэлектрохимической генерации тока с применением бактериальной культуры бифидобактерий на основе медицинского препарата «Бифиформ».

По результатам эксперимента сделан вывод о эффективности применения бифидобактерий для электрогенерации в МТЭЛах, т.к. показатели напряжения и силы тока, полученные в этом случае, были выше, чем аналогичные показатели, полученные в результате электрохимических процессов в контрольном МТЭЛе, использующем только гальваническую пару и физраствор. Из полученных данных был сделан вывод, что бифидобактерии могут являться приемлемой альтернативой для генерации тока по показателям эффективности и безопасности для человека. Исследование электрохимических и биоэлектрохимических процессов в микробных топливных элементах представляет собой важную область науки и технологии, которая может привести к созданию новых, устойчивых и экологически чистых источников энергии. В настоящее время многие усилия направлены на улучшение

эффективности МТЭ, повышение их мощности и стабильности работы, а также на расширение областей их применения.

Список литературы

1. Прудников А.Ф., Кусачева С.А., Шендо С. А., Клышников А.Ю. Разработка и исследование мобильного генератора на основе микрофлоры человека // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе : всероссийская научно-техническая конференция (Калуга, 14-16 ноября 2023 года) : материалы конференции: в 2 т. Т. 2. / Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. 286 с.
2. Кусачева С.А., Сащенко И.И., Черняев С.И., Гришакова В.В., Сафронова М.Е. К вопросу об унификации критериев сопоставления различных микробных топливных элементов // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 184-187. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36284 (Дата обращения 24.12.2024).
3. Karube I., Matsunaga T., Tsuru S., Suzuki S. Biochemical cells utilizing immobilized cells of Clostridium butyricum // Biotechnology and Bioengineering. 1977. V. 19. № 11. Pp. 1727–1733.

РАЗДЕЛ «ЛИНГВИСТИКА»

СЕКЦИЯ «РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ЯЗЫК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»

УДК 004.85+621.311.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЫЛО ЛЁГКОГО САМОЛЁТА

Каунг Мьят Ту, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
phoutsa09@gmail.com
Научный руководитель: Габова Н.И., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
nataliagabova@bmstu.ru

Аэродинамические нагрузки на крыло возникают из-за воздействия воздушного потока при полёте, и определяются распределением давления и сил трения по поверхности крыла. Эти нагрузки зависят от формы крыла, скорости полёта, угла атаки, плотности воздуха и других факторов.

Актуальность определения аэродинамических нагрузок на крыло лёгкого самолёта обусловлена несколькими ключевыми факторами. Аэродинамические нагрузки напрямую влияют на прочность и устойчивость крыла. Неправильный расчёт может привести к разрушению конструкции в полёте (флаттер, дивергенция, усталостные повреждения). Особенно критично для лёгких самолётов, где запас прочности меньше, чем у крупных авиалайнеров. Оптимизация конструкции. Точные расчёты позволяют снизить массу крыла без ущерба для прочности, что важно для лёгкой авиации. Учёт нагрузок помогает выбрать оптимальные материалы (композиты, алюминиевые сплавы) и геометрию (размах, профиль, стреловидность).Эффективность и экономичность. Правильное распределение нагрузок улучшает аэродинамику, снижая расход топлива. Минимизация перегрузок увеличивает ресурс конструкции. Соответствие нормам авиарегистров. Лёгкие самолёты должны соответствовать требованиям (FAR-23, CS-23, АП-23). Сертификация требует доказательства расчётных и экспериментальных данных по нагрузкам. Развитие новых технологий. Появление БПЛА, электрических и гибридных самолётов требует адаптации методов расчёта.

Использование CFD-моделирования и испытаний в аэродинамических трубах повышает точность прогнозирования. Самолеты летают, исходя из принципов аэродинамики. Воздушный поток над крыльями, фюзеляжами, двигателями и другими поверхностями определяет подъемную силу, сопротивление и общие характеристики. До появления вычислительной гидродинамики инженеры в значительной степени полагались на испытания в аэродинамической трубе и физические прототипы, которые были дорогими и трудоемкими. CFD предлагает альтернативу, которая позволяет инженерам моделировать эти воздушные потоки на компьютере. Это помогает снизить потребность в нескольких дорогостоящих прототипах и физических испытаниях. Что еще более важно, вычислительная гидродинамика позволяет инженерам изучать воздушные потоки в условиях, которые было бы опасно или невозможно проверить в реальной жизни.

Когда аэродинамический профиль движется по воздуху, он генерирует аэродинамическую силу назад под определенным углом с относительным направлением движения. Определённая силовая составляющая, параллельная относительному направлению движения этой аэродинамической силы, так как «сила сопротивления (D)», и вертикальная силовая составляющая равны, определяется как «подъемная сила (L)». Момент в горизонтальной плоскости, создаваемой крылом против сопротивления ветра во время полета, определяется как момент тангажа (M).

Коэффициент скольжения – это отношение между подъемной силой и силой лобового сопротивления, или коэффициент крыла. Это также отношение расстояния, пройденного горизонтально за заданное время, к высоте потери. Например, планер с коэффициентом скольжения 5 может иметь дальность 5 км, когда он начинает лететь с высоты 1 км. По этой причине значение коэффициента скольжения имеет решающее значение при сравнении аэродинамических характеристик летательных аппаратов.

Угол между направлением потока ветра и центральной линией крыла самолета называется «углом атаки». Этот угол оказывает большое влияние на подъемную силу, создаваемую крылом. По мере увеличения угла атаки коэффициент подъемной силы (C_L) и коэффициент лобового сопротивления (C_D), действующие на крыло, увеличиваются в прямом направлении пропорция. На малых углах атаки воздушный поток в верхней части крыла протекает плавно. После определенного угла начинается воздушный поток. Для отделения от верхней поверхности крыла на крыле образуется вихревой поток. Этот угол называется «углом сваливания».[2]

Определение аэродинамических нагрузок на крыло лёгкого самолёта остаётся актуальной задачей, сочетающей инженерные, экономические и нормативные аспекты. Современные методы расчёта и проектирования позволяют создавать более безопасные, лёгкие и эффективные конструкции.

Список литературы

1. Anderson J.D., Bowden M.L. Introduction to flight. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2005. 954 p.
2. Basak H., Akdemir A. Design optimization of Cessna 172 wing with biomimetic design approach // International Journal of Pioneering Technology and Engineering. 2024. V. 3. № 1. Pp. 8-9.
3. Milne-Thomson L.M. Theoretical Aerodynamics. Courier Corporation, 1973. 464 p.

УДК 004.85+621.311.6

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Нго Зуи Хань, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
hanhbg339@gmail.com
Научный руководитель: Крамарева М.Л., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
burak_ml@bmstu.ru

С чрезмерным развитием интеллектуальных систем и методов обработки больших данных все большее внимание уделяется повышению надежности критических устройств, включая источники бесперебойного питания (ИБП), обеспечивающие защиту электрооборудования от перебоев в энергоснабжении [1]. Традиционное плановое техническое обслуживание не учитывает реальное состояние оборудования, что может приводить либо к риску отказа, либо к избыточным затратам.

Цель работы: исследовать возможность внедрения искусственного интеллекта и машинного обучения (ИИ/МО) в систему мониторинга ИБП. Такой подход позволяет на основе анализа больших массивов данных ИИ/МО, полученных в реальном времени, прогнозировать потенциальные отказы и формировать рекомендации для технического обслуживания.

Материалы и методы. Проведены сравнительный анализ и синтез информационных данных в авторских публикационных источниках для представления метода технического обслуживания по состоянию *(condition based maintenance, CBM)* и системы мониторинга работы ИБП.

Результаты. Особенное внимание уделено роли ИБП в современной жизни. Проведен обзор и сравнительный анализ существующих подходов к техническому обслуживанию ИБП. Рассмотрены особенности двух методов технического обслуживания и их тенденция использования на предприятиях. Представлена важность системы мониторинга ИБП [2] для метода CBM. Указаны крупные производители, использующие систему мониторинга работы электрооборудования. Описан алгоритм работы интеллектуальной системы мониторинга с применением ИИ/МО. Проведена оценка актуальности интеграции технологий ИИ/МО в системы мониторинга для повышения эффективности метода CBM [3].

Таким образом, результаты исследования демонстрируют перспективность интеграции технологий ИИ/МО в системы мониторинга работы ИБП для совершенствования подхода технического обслуживания по состоянию. Кроме того, также создается основа для разработки цифровых двойников и дальнейшей автоматизации процессов технического обслуживания электрооборудования.

Список литературы

1. Вернидуб А.С., Стародубцева О.А. Проблемы и пути обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции (Новосибирск, 24 марта – 20 апреля 2017 года). Новосибирск : ООО «Центр развития научного сотрудничества». 2017. С. 234–240.
2. Дергач А.Е., Лобанов Д.К., Система мониторинга бесперебойного электропитания // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах. / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова (Красноярск, 11-12 апреля, 2022 года). Красноярск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». 2022. Т. 1. С. 600–602.
3. McKinsey & Company, Maintenance 4.0: The Next Frontier for Industrial Efficiency. 2020. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/prediction-at-scale-how-industry-can-get-more-value-out-of-maintenance (Дата обращения 20.09.2024).

УДК 548

МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ КРЕМНИЙ

Руевич В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
rujevic.viktor.ao.obr.srb@gmail.com
Научный руководитель: Дюстер Е.А., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
duester@bmstu.ru

Монокристаллический кремний является одним из важнейших материалов в науке и технике. Его по праву можно считать основополагающим для многих отраслей, включая электронику, информационные технологии, оптику, фотонику и солнечную энергетику. Неслучайно острословы утверждают, будто человек по-прежнему живет в каменном веке с той лишь разницей, что раньше он делал из кремния ножи и топоры, а теперь – микропроцессоры.

Известно, что наличие границ между кристаллами, а также примеси и разного рода кристаллографические дефекты приводят к значительным изменениям локальных свойств материала, что, в свою очередь, влияет на его функциональность, производительность и надежность. Вот почему к главным преимуществам монокристаллического кремния относятся отсутствие зерен и чистота (от 99,9999% до 99,999999% массы составляют атомы кремния). Это особенно важно, учитывая требования, предъявляемые сегодняшними технологиями к изделиям, а именно высокую точность и предельно малую величину последних. Так, например, в полупроводниковой индустрии размеры транзисторов исчисляются нанометрами. Для подобного масштаба неоднородность просто недопустима.

Каким же образом монокристаллический кремний выпускается в современной промышленности? Примерно 90% полупроводниковых электронных устройств производится из слитков, полученных методом Чохральского. Рассматриваемый метод был предложен в 1916 году польским химиком Яном Чохральским, чье имя и отражено в названии. В рамках данного метода монокристаллы выращивают посредством вытягивания их вверх от свободной поверхности расплава, который находится в тигле. В этом случае приведение затравочного кристалла (или нескольких кристаллов) заданной структуры и кристаллографической ориентации в контакт со свободной поверхностью расплава дает начало кристаллизации [1]. В результате готовый слиток имеет ту же кристаллическую структуру, что и исходный затравочный кристалл. Чтобы поддержать более равномерное распределение температуры и примесей по объёму расплава, затравочный кристалл и тигель с расплавом вращают, причём зачастую в противоположных направлениях [2]. Тем не менее такие вращения в неоднородном тепловом поле всегда имеют следствием появление на поверхности слитка легкой винтовой нарезки. Полупроводниковая пластина получается резанием слитка на цилиндры диаметром обычно 100-300 мм. Толщина пластин обусловлена механическими свойствами материала: они не должны ломаться под собственной силой тяжести. Поэтому данная величина встречается обычно в диапазоне 300-800 мкм. Затем на основе пластин путем различных методов обработки создают микроэлектронные устройства.

Следует отметить также, что, помимо электроники, монокристаллический кремний играет существенную роль во многих других отраслях. Например, из него изготавливают солнечные панели с самым высоким КПД. Кроме того, он используется в инфракрасной оптике в виде линз, зеркал и пластин. И, наконец, стоит упомянуть о кремниевой фотонике, где проводятся масштабные исследования информационных систем, которые переносят данные не электричеством, а светом. В перспективе это позволит ускорить работу микропроцессоров в десятки или даже сотни раз и одновременно многократно снизить энергетические затраты [3].

Таким образом, в свете все более глубокого погружения общества в мир информационных технологий и искусственного интеллекта можно ожидать только роста значимости монокристаллического кремния для современной цивилизации.

Список литературы

1. Handbook of Crystal Growth.: in 2 v. V. 2: Bulk Crystal Growth / ed. by T. Nishinga. Amsterdam: Elsevier, 2015. 1418 p.
2. Юленков С.Е., Котельникова С.В., Саханский С.П. Основные особенности метода выращивания кристаллов по способу Чохральского // Решетневские чтения. 2018. С. 218-219. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-osobennosti-metoda-vyraschivaniya-kristallov-po-sposobu-chohralskogo (Дата обращения 10.06.2025).
3. Ананьев Р.О. Планирование следующего поколения кремниевой фотоники // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 6. С. 10-13. URL: https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1487 (Дата обращения 08.04.2025).

УДК 669.01

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ СИМУЛЯЦИИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ СТАЛЕЙ

Санчес Мехия М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
mateoandres788@gmail.com
Научный руководитель: Летникова О.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
letnikova.olga@mail.ru

В исследовании предложен теоретический подход, описывающий изотермическое разложение аустенита с использованием адаптированной версии уравнения Колмогорова-Аврами. Практическая часть работы включает анализ кинетических закономерностей формирования ферритной, перлитной и бейнитной фаз при постоянной температуре, с учётом влияния диффузионных процессов углерода и легирующих компонентов на динамику структурных изменений.

Анализ диаграмм по данной тематике основывается на методике, описанной в работах [1]. Для времени «начала» и «конца» изотермического превращения аустенита в феррит и перлит при температуре T используется следующая формула из уравнения Колмогорова — Джонсона — Мела — Аврами [1]:

$$t = \frac{(-\ln(1-f)^{1/n}}{K^{1/n}} \quad (1)$$

где для начала превращения доля распада принималась f = 0,01, а для конца f = 0,99. Показатель степени n считался независимым от температуры и равным 3,0 [1]. Для температурной зависимости коэффициента K использовалось выражение [1]:

$$K^{1/n} = C(\frac{Ts-T}{T})^m e^{(-\frac{U}{RT})}, \quad (2)$$

Показатель m установлен равным 3, что соответствует теории роста перлита, контролируемого переносом углерода через межфазную границу [1]. Температура Ts, энергия активации U и константа C определяются в зависимости от концентрации различных элементов с использованием метода множественной линейной регрессии [2].

Для бейнитного превращения применяется формула [2]:

$$t = K^{-1/n} \cdot \left[\frac{\ln\frac{1}{1-fm}}{1-n} \cdot \left(1 - \left(\frac{\ln\frac{1-f}{1-fm}}{\ln\frac{1}{1-fm}}\right)^{1-n}\right)\right]^{1/n}, \quad (3)$$

где fm – предельная для данной температуры доля бейнита, которая описывалась уравнением [2]:

$$fm = 1 - e^{(-0,04(Ts-T))}, \quad (4)$$

Были выбраны стали 45Х для сравнения результатов, полученных в программе по модели Окишева, с графиками, полученными в ходе экспериментальных исследований.

Анализируя результаты, полученные из стали 45Х, можно утверждать, что феррит формируется за 10 секунд в точке, соответствующей «носу» изотермической С-образной кривой, что подтверждается данными программы и диаграммой, предложенной Поповым. В то же время, для образования перлита на диаграмме требуется 40 секунд, и это время совпадает с данными программы. Однако наблюдается расхождение в времени завершения процесса образования перлита, что, вероятно, связано с погрешностью регрессионных уравнений, учитывающих химический состав.

Первостепенной задачей для совершенствования исследования является проверка и коррекция кода. Необходимо устранить все ошибки и несоответствия, чтобы получать более точные и логичные результаты. Это позволит определить, обусловлены ли расхождения недостатками математической модели Окишева (из-за погрешности в исходных данных о химическом составе стали). Особое внимание следует уделить: длительности инкубации перлита, визуализации результатов формул для бейнита на графиках.

Список литературы

1. Куркин А.С. Исследование кинетики фазовых превращений легированной стали методами математического моделирования // Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 12. С. 25-32.
2. Куркин А. С., Бобринская В.Ю. Обработка диаграмм изотермического распада аустенита для построения полных С-образных кривых. // Сварка и диагностика. 2019. № 2. С. 32-37.

УДК 628.83

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Файяд Жад, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Fayyadzh@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Хван С.Х., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

1. В условиях современного производства обеспечение эффективной системы вентиляции является одним из важнейших факторов безопасности, стабильности технологических процессов и создания комфортных условий для персонала в помещениях различного назначения — от промышленных цехов и лабораторий до теплиц и складов. Такие помещения нередко характеризуются выделением газов, пыли, избыточной влаги или тепла, что требует постоянного контроля параметров микроклимата и своевременного проветривания.
2. Цель исследования - разработка энергоэффективной, автономной системы вентиляции помещений, обеспечивающей устойчивую работу на основе возобновляемых источников энергии и зонированного климатического контроля.
3. В основе системы лежат вентиляционные окна, установленные в верхней части и по периметру помещения, регулирующие приток свежего воздуха за счёт перемещения с помощью компактных электромеханических приводов с винт-гайка механизмом, обладающим самотормозящей способностью и обеспечивающим надёжное фиксирование створок без дополнительных стопоров . В местах с недостаточной естественной тяговой вентиляции включаются вентиляторы, обеспечивающие принудительное удаление загрязнённого или нагретого воздуха [1]. Датчики температуры, влажности и концентрации газов размещаются в технологически значимых зонах — у оборудования, в рабочем пространстве и в местах интенсивного тепловыделения, что позволяет контролировать параметры микроклимата с высокой точностью [2]. Полученные данные поступают на микроконтроллер, который анализирует текущую обстановку и подаёт команды на изменение положения окон или включение вентиляторов при выходе параметров за установленные пороги. Электропитание системы осуществляется от солнечных панелей с аккумуляторами, что позволяет обеспечить её автономную работу в удалённых или энергозависимых объектах. Для повышения эффективности зарядки применяется алгоритм MPPT, позволяющий

максимально использовать доступную солнечную энергию и поддерживать стабильную работу всех элементов системы.

Список литературы

1. CEDS. Промышленная вентиляция: организация, схемы и составные части. URL: https://ceds.ru/blog/promyshlennaya-ventilyatsiya/ (Дата обращения 16.05.2025).
2. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения. М.: ИП РадиоСофт, 2005. 112 с.

УДК 004.85+621.311.6

УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕМ С ПОМОЩЬЮ ДВИЖЕНИЙ РУК

Хтет Вайян Линн, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Машиностроительные Технологии»
dckdck007@gmail.com
Научный руководитель: Габова Н.И., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Лингвистика»
nataliagabova@bmstu.ru

Разработка систем управления, адаптированных для людей с ограниченными физическими возможностями, является актуальной задачей в современной робототехнике и медицине. Согласно данным ВОЗ, более 1 млрд человек в мире сталкиваются с различными формами инвалидности, при этом около 10% из них нуждаются в специализированных средствах передвижения [1]. Традиционные джойстики и пульты управления часто оказываются неудобными для пациентов с нарушениями мелкой моторики. Предлагаемая система управления движением автомобиля через жесты рук направлена на решение этой проблемы, обеспечивая интуитивное взаимодействие без необходимости использования сложных интерфейсов.

Система состоит из двух модулей: управляющей перчатки и автомобиля-робота. Перчатка оснащена трёхосевым акселерометром (например, MPU-6050), который регистрирует углы наклона и ускорение запястья. Микроконтроллер (Arduino Nano) обрабатывает данные с датчика, преобразуя их в цифровые сигналы. Для минимизации погрешности используется алгоритм калибровки, учитывающий индивидуальные особенности движений пользователя [2].

Жесты пользователя классифицируются следующим образом: Опускание запястья (угол наклона > 30° от горизонтали) — движение вперёд. Подъём запястья (угол наклона < -30°) — движение назад. Поворот влево/вправо (разница в ускорении по оси X > 2 м/с²) — поворот соответствующего направления. Для исключения ложных срабатываний реализован пороговый фильтр: сигнал учитывается только при устойчивом отклонении в течение 0,5 сек.

Система была адаптирована для управления инвалидной коляской. В ходе испытаний 15 участников с ограниченной подвижностью пальцев успешно выполнили базовые манёвры. Задержка передачи сигнала составила менее 200 мс, что соответствует требованиям ISO 13482 для сервисных роботов. Потребляемая мощность системы — 3,5 Вт, что позволяет использовать компактные аккумуляторы.

Ключевые преимущества: Упрощение управления для пользователей с нарушениями моторики. Отказ от проводных соединений и громоздких контроллеров. Низкая стоимость компонентов (общая цена системы — менее 100 долларов).

Дальнейшая работа будет направлена на интеграцию машинного обучения для автоматической адаптации системы под жесты пользователя. Также планируется добавить голосовое управление и датчики препятствий для повышения безопасности.

Разработанная система управления автомобилем через жесты рук демонстрирует высокую эффективность для пациентов с ограниченной подвижностью. Её ключевые преимущества — интуитивность, низкая стоимость (менее 100 долларов) и минимальная задержка сигнала (180 мс). Технология успешно прошла испытания, подтвердив стабильность работы и удобство для пользователей. Внедрение системы в медицинские устройства, такие как инвалидные коляски, позволит повысить автономность пациентов, сократив зависимость от посторонней помощи. Проект открывает перспективы для создания универсальных интерфейсов управления, адаптированных под потребности людей с различными формами инвалидности.

Список литературы

1. Роботизированный автомобиль, управляемый жестами рук, электроника и Инженерный факультет связи, ABES Инженерный колледж Газиабада. URL: https://www.academia.edu/97749404/Hand_Gesture_Controlled_Robot_Car_Electronic_and_Communication_Engineering_Department_ABES_Engineering_College_Ghaziabad#loswp-work-container (Дата обращения 28.02.2023).
2. Hand gesture controlled robot // International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. V. 05. I. 03. DOI: https://www.doi.org/10.56726/IRJMETS34629.

СЕКЦИЯ «АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ»

УДК 535.56

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ЯВЛЕНИЯ ПОВОРОТА ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ НЕИНВАЗИВНЫХ ГЛЮКОМЕТРОВ

Давлетшина Р.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
rena.davletshina@yandex.ru
Иванова В.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
ivanova.vlada.2004@yandex.ru
Научный руководитель: Паршина Н.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Распространенность сахарного диабета 1 и 2 типов существенно возросла с XX века, увеличившись почти в четыре раза, что связано с ростом числа людей с избыточной массой тела и гиподинамией. Диабет характеризуется гипергликемией, обусловленной недостаточной выработкой инсулина (тип 1) или резистентностью к нему (тип 2). Диагностика диабета требует регулярного мониторинга уровня глюкозы в крови, традиционно осуществляемого с помощью инвазивных глюкометров, требующих капиллярной пункции. Однако, данный метод мониторинга является болезненным и не стерильным. Современным аналогом к инвазивному глюкометру является неинвазивный. Принцип работы такого глюкометра основан на оптическом явлении поворота плоскости поляризации инфракрасного излучения, проходящего через слой ткани с большим количеством капилляров. Однако, влияние экзогенных факторов снижает точность однократного измерения, требуя обработки результатов многократных измерений для повышения точности. В связи с этим, разработка неинвазивных методов мониторинга, основанных на изучении явления поворота плоскости поляризации, представляет собой актуальную задачу в современной медицине, направленную на повышение удобства и частоты контроля гликемии без риска инфицирования и необходимости использования расходных материалов.

Свет - электромагнитная волна, колеблющаяся во всех направлениях. Колебания можно упорядочить с помощью специальных оптических устройств - поляризаторов. Плоскость, перпендикулярная к плоскости колебаний называется плоскостью поляризации [1]. Взаимодействие поляризованного света с оптически активными веществами приводит к вращению плоскости поляризации, величина которого, согласно закону Био (1815 г.), прямо пропорциональна длине оптического пути в веществе ($\boldsymbol{L}$), концентрации ($\boldsymbol{C}$) оптически активного компонента и его удельного вращения ($\boldsymbol{\alpha}$) [2].

$$\varphi = \alpha L C \qquad (1)$$

Для визуализации принципа данного оптического явления была создана экспериментальная установка, включающая два поляризатора, светодиодный источник и цилиндрические кюветы с водными растворами глюкозы различной концентрации.

Наблюдаемое вращение плоскости поляризации, обусловленное хиральностью молекул глюкозы и вращательной дисперсией света в растворе, коррелировало с концентрацией: чем более высокая концентрация была рассмотрена, тем больший угол поворота плоскости поляризации был получен. Данные согласуется с законом Био.

В результате работы была полностью изучена теория оптического явления, также была создана установка, которая показывает упрощенный принцип работы неинвазивного глюкометра.

Так как ИК-излучение имеет большую проникающую способность в биологические

ткани, чем видимый свет, это станет следующим этапом работы. Исследования будут направлены на оптимизацию длины волны ИК-излучения для большего проникновение в слои кожи и учет влияния других факторов (например, пота, частиц грязи на коже, температуры тела) на точность измерения концентрации глюкозы.

Список литературы

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 4. Волны. Оптика: учебное пособие. / 5-е изд., испр. СПб.: Издательство «Лань», 2021. 256 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов. В 5 т. Т. 4. Оптика. / 3-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 792 с.

UDC 535.56

APPLICABILITY OF POLARIZATION PLANE ROTATION FOR NON-INVASIVE GLUCOMETRY

Davletshina R.V., student
BMSTU, faculty «Fundamental sciences»
rena.davletshina@yandex.ru
Ivanova V.S., student
BMSTU, faculty «Fundamental sciences»
ivanova.vlada.2004@yandex.ru
Supervisor: Parshina N.A.
BMSTU, faculty «Linguistics»

The prevalence of type 1 and type 2 diabetes has increased significantly since the XX century, increasing almost fourfold, which is associated with an increase in the number of overweight people and physical inactivity. Diabetes is characterized by hyperglycemia due to insufficient insulin production (type 1) or resistance to it (type 2). Diagnosis of diabetes requires regular monitoring of blood glucose levels, traditionally carried out using invasive glucose meters that require capillary puncture. However, this monitoring method is painful and not sterile. The modern equivalent to an invasive blood glucose meter is a non-invasive one. The principle of operation of such a glucose meter is based on the optical phenomenon of rotation of the plane of polarization of infrared radiation passing through a layer of tissue with a large number of capillaries. However, the influence of exogenous factors reduces the accuracy of a single measurement, requiring processing of the results of multiple measurements to improve accuracy. In this regard, the development of non-invasive monitoring methods based on the study of the phenomenon of rotation of the polarization plane is an urgent task in modern medicine aimed at increasing the convenience and frequency of glycemic control without the risk of infection and the need for consumables.

Light is an electromagnetic wave that oscillates in all directions. The oscillations can be ordered by using special optical devices called polarizers. The plane perpendicular to the plane of oscillation is called the plane of polarization [1]. The interaction of polarized light with optically active substances leads to a rotation of the plane of polarization, the magnitude of which, according to Bio's law (1815), is directly proportional to the length of the optical path in the substance ($\boldsymbol{L}$), the concentration ($\boldsymbol{C}$) of the optically active component and its specific rotation ability ($\boldsymbol{\alpha}$) [2].

$$\varphi = \alpha L C \qquad (1)$$

To visualize the principle of this optical phenomenon, an experimental setup was created, including two polarizers, an LED source, and cylindrical cuvettes with aqueous glucose solutions of various concentrations. The observed rotation of the plane of polarization, due to the chirality of glucose molecules and the rotational dispersion of light in solution, correlated with concentration: the

higher the concentration was considered, the greater the angle of rotation of the plane of polarization was obtained. The data is consistent with Bio's law.

As a result of the work, the theory of optical phenomena was fully studied, and an installation was created that shows a simplified principle of operation of a non-invasive glucose meter.

Since IR radiation has a greater penetrating power into biological tissues than visible light, this will be the next stage of the work. The research will focus on optimizing the wavelength of IR radiation for greater penetration into the skin layers and taking into account the influence of other factors (for example, sweat, dirt particles on the skin, body temperature) on the accuracy of measuring glucose concentration.

References

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 4. Волны. Оптика: учебное пособие. / 5-е изд., испр. СПб.: Издательство «Лань», 2021. 256 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов. В 5 т. Т. 4. Оптика. / 3-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 792 с.

УДК 339.138

НЕУДАЧНЫЕ МАРКЕТИНГОВЫЕ КАМПАНИИ И СИСТЕМНЫЕ ПРИЧИНЫ ИХ ПРОВАЛОВ

Котова А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
kotovaas@student.bmstu.ru
Потапова Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
potapovadd@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Лапина Л.Е., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
lubovlapina@bmstu.ru

Маркетинговые кампании, будучи мощным инструментом укрепления бренда и построения отношений с потребителями, несут в себе существенные риски, если не учитывают культурные особенности, стратегическую продуманность и эмпатию к аудитории. Исторические примеры провальных кампаний — такие как протестная реклама Pepsi (2017), ребрендинг Gap (2010), программа AAirpass American Airlines (1980-е) и кампания Dove о этническом разнообразии (2017) — демонстрируют повторяющиеся ошибки: поверхностный подход, отсутствие чуткости и стратегической дальновидности. Эти кейсы подчеркивают необходимость согласования инициатив бренда с общественными ценностями, ожиданиями потребителей и долгосрочными целями бизнеса.

Pepsi в 2017 году попыталась продвигать идеи единства через рекламу с Кендалл Дженнер, изображающей протест. Однако упрощенный сюжет, где полицейский принимает банку Pepsi как «жест примирения», вызвал волну критики за обесценивание движений вроде Black Lives Matter. Кампания показала опасность эксплуатации социальных тем без глубокого понимания их контекста. Аналогично, Dove в 2017 году столкнулся с обвинениями в расизме из-за ролика, где темнокожая женщина «превращалась» в белую. Несмотря на извинения, инцидент выявил ключевую проблему: отсутствие этнического разнообразия в командах, принимающих креативные решения в области маркетинга.

Провал Gap с изменением логотипа в 2010 году иллюстрирует конфликт между инновациями и приверженностью традициям. Резкий отход от узнаваемого дизайна вызвал отторжение у аудитории, а попытка вовлечь потребителей в создание нового логотипа лишь усугубила кризис. Возврат к старому варианту через 6 дней доказал важность постепенных

изменений и тестирования. В отличие от этого, программа AAirpass American Airlines (1980-е), предлагавшая пожизненный неограниченный перелет за фиксированную плату, привела к многомиллионным убыткам из-за отсутствия ограничений. Судебные тяжбы с владельцами абонементов наглядно показали необходимость страховочных механизмов в подобных инициативах.

Из анализа этих провалов становится очевидным несколько фундаментальных принципов успешного маркетинга. Прежде всего, при работе с социально-политической тематикой крайне важен глубокий контекстуальный анализ - поверхностный подход неизбежно ведёт к обвинениям в эксплуатации серьёзных тем и их тривиализации. Не менее значимым является бережное отношение к бренд-наследию при проведении ребрендингов: изменения должны внедряться постепенно, с обязательным учётом мнения аудитории и предварительным тестированием. Особого внимания требуют высокозначимые коммерческие предложения - как показал пример AAirpass, они должны содержать продуманные защитные механизмы и ограничения, предотвращающие потенциальные злоупотребления. Наконец, современный маркетинг немыслим без принципа инклюзивности - формирование разнородных креативных команд и многоэтапное тестирование контента позволяют выявить возможные неоднозначные трактовки до запуска кампании. Эти принципы в совокупности образуют систему защиты от наиболее распространённых маркетинговых ошибок.

В современных условиях успех маркетинга зависит от синтеза креативности, культурной грамотности и этической ответственности. Такие бренды, как Pepsi и Dove, смогли восстановить репутацию благодаря оперативным извинениям и пересмотру процессов, но их ошибки напоминают о высокой цене просчетов в эпоху социальной гиперчувствительности. Приоритизация эмпатии, итеративных проверок и сценарного планирования позволяет не только избегать кризисов, но и укреплять доверие, создавая кампании, которые остаются актуальными в меняющемся мире.

Список литературы

1. Mariah Doze, Kendall Jenner and Pepsi // Young Scholars in Writing. 2018. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Kendall-Jenner-and-Pepsi-Dozé/0d508b1334ec36a20c2a5226432c67a19e3512ca (Дата обращения 15.03.2025).
2. Pires G., Stanton J. Marketing services to ethnic consumers in culturally diverse markets: issues and implications // Journal of Services Marketing. 2000. V. 14. № 7. Pp. 607–618. DOI: 10.1108/08876040010352772.
3. Cook J. Success and failure in social marketing programs: a qualitative exploration: PhD dissertation in Sustainability Management; Canada, Ontario, Waterloo, University of Waterloo. 2022. URL: http://hdl.handle.net/10012/18810 (Дата обращения 15.03.2025).

UDC 339.138

THE WORST MARKETING CAMPAIGNS AND THE REASONS BEHIND THEIR FAILURES

Kotova A.S., student
BMSTU, faculty «Engineering Business and Management»
kotovaas@student.bmstu.ru
Potapova D.D., student
BMSTU, faculty «Engineering Business and Management»
potapovadd@student.bmstu.ru
Scientific supervisor: Lapina L.E., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»
lubovlapina@bmstu.ru

Marketing campaigns, while instrumental in building brand equity and consumer relationships, carry inherent risks when divorced from cultural awareness, strategic rigor, or audience

empathy. Historical examples of catastrophic campaigns—such as Pepsi's 2017 protest-themed advertisement, Gap's 2010 logo redesign, American Airlines' AAirpass program, and Dove's 2017 diversity campaign—reveal recurring patterns of failure rooted in oversight, insensitivity, and operational shortsightedness. These cases collectively underscore the necessity of aligning brand initiatives with societal values, consumer expectations, and long-term business sustainability.

Pepsi's 2017 campaign, featuring Kendall Jenner in a simulated protest, sought to champion unity but instead ignited widespread condemnation. By reducing systemic social justice struggles to a simplistic narrative—resolved by handing a soda can to a police officer—the ad trivialized movements like Black Lives Matter, exposing a profound disconnect between brand messaging and societal realities. The swift backlash forced Pepsi to retract the ad within hours, illustrating the dangers of commodifying activism without engaging its historical and cultural context. Similarly, Dove's 2017 campaign, intended to celebrate diversity, backfired when a three-second clip depicting a Black woman transforming into a White woman was interpreted as racially charged. Despite Dove's prompt apology, the incident highlighted the critical need for diverse perspectives in creative processes to avoid ambiguous or harmful visual storytelling.

Gap's 2010 logo redesign failure further exemplifies the tension between innovation and tradition. The abrupt shift from a beloved, decades-old logo to a minimalist design alienated loyal customers, who perceived the change as a betrayal of brand heritage. Gap's subsequent attempt to crowdsource solutions exacerbated the crisis, revealing a lack of pre-launch consumer engagement. The company's rapid reversion to its original logo underscored the importance of balancing modernization with audience attachment, achievable through phased rollouts and iterative testing. In contrast, American Airlines' 1980s AAirpass program—a lifetime unlimited flight offering—demonstrated the perils of short-term financial fixes. Without usage restrictions, the program led to exploitation by frequent flyers, costing millions annually. Legal battles over membership revocations further emphasized the necessity of embedding safeguards into high-value incentives to ensure long-term viability.

These failures collectively yield critical lessons for marketers. First, campaigns leveraging social or political themes demand meticulous contextual analysis to avoid accusations of exploitation or trivialization. Second, brand evolution must respect legacy while inviting gradual audience adaptation through transparency and testing. Third, high-value consumer incentives require rigorous risk assessment, including dynamic terms to prevent financial hemorrhage. Finally, inclusive representation is non-negotiable; diverse teams and pre-launch reviews are essential to identify unintended biases or misinterpretations.

Ultimately, the volatility of modern marketing necessitates a paradigm shift toward proactive, consumer-centric strategies. Success hinges on synthesizing creativity with cultural literacy, ethical messaging, and operational foresight. While brands like Pepsi and Dove recovered through swift accountability and process reforms, their missteps underscore the high stakes of operating in an era of heightened social scrutiny. By prioritizing audience empathy, iterative validation, and contingency planning, marketers can transform potential crises into opportunities for trust-building, ensuring campaigns resonate authentically and sustainably in a rapidly evolving global landscape.

References

1. Mariah Doze, Kendall Jenner and Pepsi // Young Scholars in Writing. 2018. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Kendall-Jenner-and-Pepsi-Dozé/0d508b1334ec36a20c2a5226432c67a19e3512ca (Accessed: 15.03.2025).
2. Pires G., Stanton J. Marketing services to ethnic consumers in culturally diverse markets: issues and implications // Journal of Services Marketing. 2000. V. 14. № 7. Pp. 607–618. DOI: 10.1108/08876040010352772.
3. Cook J. Success and failure in social marketing programs: a qualitative exploration: PhD dissertation in Sustainability Management; Canada, Ontario, Waterloo, University of Waterloo. 2022. URL: http://hdl.handle.net/10012/18810 (Accessed: 15.03.2025).

УДК 336.62

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ФИНАНСОВОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

Кравченко Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
kraea2003@gmail.com
Салихов А.З., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
akimsalikhov@gmail.com
Научный руководитель: Чеботарёва Е.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Интеграция цифровых технологий в финансовое управление существенно изменила то, как организации планируют, осуществляют и контролируют свою финансовую деятельность. По мере развития цифровых инструментов они не только повышают операционную эффективность, но и улучшают возможности принятия решений, оценки рисков и стратегического планирования.

Одним из основных преобразований, вызванных цифровизацией, является автоматизация рутинных финансовых процессов. Такие задачи, как выставление счетов, расчет заработной платы, управление расходами и контроль бюджета, ранее трудоемкие и подверженные человеческим ошибкам, теперь могут выполняться с помощью современных финансовых программ и систем управления ресурсами предприятия (ERP). Эта автоматизация обеспечивает более высокую точность, последовательность отчетности и освобождает человеческие ресурсы для выполнения аналитических и стратегических задач [1].

Еще одним важным достижением стало использование больших данных и аналитики в процессе принятия финансовых решений. Собирая и анализируя большие объемы структурированных и неструктурированных финансовых и операционных данных, компании могут выявлять тенденции, прогнозировать будущую производительность и принимать стратегические решения, основанные на данных. Предиктивная аналитика, в частности, стала мощным инструментом управления финансовыми рисками, выявления аномалий и оптимизации инвестиционных стратегий [2]. Эти технологии также помогают организациям создавать персонализированные финансовые услуги и получать информацию о поведении клиентов в режиме реального времени.

Облачные вычисления также оказали значительное влияние на практику финансового управления. Облачные финансовые платформы обеспечивают доступ к финансовым данным в режиме реального времени, способствуют удаленному взаимодействию и поддерживают масштабируемость для развивающегося бизнеса. Эти платформы повышают прозрачность, позволяют оперативно реагировать на изменения в финансовом положении и устраняют зависимость от физической инфраструктуры и ограничений, связанных с местоположением [3].

Кроме того, рост цифровых платежных систем и инноваций в финтехе кардинально изменил подход к осуществлению транзакций как для бизнеса, так и для потребителей. Цифровые кошельки, бесконтактные платежи, технологии блокчейн и онлайн-банкинг упростили процесс обработки платежей, снизили издержки, повысили скорость транзакций и усилили финансовую безопасность. Помимо эффективности, эти технологии способствуют расширению финансовой доступности, предоставляя банковские услуги малообеспеченным слоям населения и малому бизнесу.

Кибербезопасность остается серьезной проблемой в контексте цифрового финансового управления. По мере того как организации все больше зависят от цифровых платформ и взаимосвязанных систем, возрастает риск киберугроз, таких как утечки данных, мошенничество и атаки с использованием программ-вымогателей. Поэтому крайне важно,

чтобы компании внедряли надежные протоколы кибербезопасности, шифрование данных и непрерывный мониторинг рисков для защиты конфиденциальной финансовой информации.

Цифровая трансформация финансового управления также создает организационные вызовы. Среди них — сопротивление изменениям со стороны сотрудников, недостаточный уровень цифровой грамотности и высокие первоначальные затраты на внедрение новых технологий. Кроме того, интеграция цифровых инструментов в существующие системы может быть сложной и трудоемкой. Тем не менее, компании, инвестирующие в цифровую трансформацию и обучение персонала, лучше подготовлены к быстрым изменениям на рынке, обеспечению финансовой устойчивости и получению конкурентных преимуществ.

В заключение, цифровые технологии стали неотъемлемой частью современного финансового управления. От автоматизации и аналитики данных до облачных вычислений и цифровых платежей — эти инструменты обладают огромным потенциалом для повышения эффективности финансовых операций. Несмотря на существующие трудности, стратегическая интеграция цифровых инноваций позволяет компаниям повышать эффективность, прозрачность и гибкость. По мере дальнейшего развития цифровой среды принятие этих технологий станет необходимым условием для построения устойчивых и ориентированных на будущее финансовых систем.

Список литературы

1. Avira S., Rofi'ah, Setyaningsih E., Utami S.S. Digital transformation in financial management: harnessing technology for business success // INFLUENCE: International Journal of Science Review. 2023. V. 5. № 2. Pp. 336-345.
2. Budiasih Y. The influence of digital technology on financial management // Accounting Studies and Tax Journal (COUNT). 2024. V. 1. Pp. 81-89.
3. Jiang J. A study on the digital transformation trends in financial management for small and micro enterprises // International Journal of Global Economics and Management. 2024. V. 3, № 1. Pp. 355-363.

UDC 336.62

DIGITAL TECHNOLOGIES IN FINANCIAL MANAGEMENT

Kravchenko E.A., student
BMSTU, faculty «Engineering Business and Management»
kraea2003@gmail.com
Salikhov A.Z., student
BMSTU, faculty «Engineering Business and Management»
akimsalikhov@gmail.com
Supervisor: Chebotareva E.S., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

The integration of digital technologies into financial management has significantly reshaped how organizations plan, execute, and monitor their financial activities. As digital tools continue to evolve, they have not only increased operational efficiency but also enhanced decision-making capabilities, risk assessment, and strategic planning.

One of the primary transformations brought about by digitalization is the automation of routine financial processes. Tasks such as invoicing, payroll, expense management, and budget tracking, which were once time-consuming and prone to human error, can now be handled through sophisticated financial software and enterprise resource planning (ERP) systems. This automation allows for greater accuracy, consistency in reporting, and frees up human resources for more analytical and strategic tasks [1].

Another critical development is the use of big data and analytics in financial decision-making. By collecting and analysing large volumes of structured and unstructured financial and operational

data, companies can identify trends, forecast future performance, and make data-driven strategic decisions. Predictive analytics, in particular, has emerged as a powerful tool for managing financial risks, detecting anomalies, and optimizing investment strategies [2]. These technologies also help organizations to create personalized financial services and offer real-time insights into customer behaviour.

Cloud computing has also had a profound impact on financial management practices. Cloud-based financial platforms provide real-time access to financial data, enable seamless remote collaboration, and support scalability for growing businesses. These platforms enhance transparency, allow quick response to changes in financial conditions, and eliminate dependence on physical infrastructure and location-based limitations [3].

Furthermore, the rise of digital payment systems and fintech innovations has drastically changed how businesses and consumers handle transactions. Digital wallets, contactless payments, blockchain technologies, and online banking services have streamlined payment processing, reduced costs, improved transaction speed, and strengthened financial security. In addition to efficiency, these technologies contribute to broader financial inclusion by providing access to banking services for underserved populations and small businesses.

Cybersecurity remains a major concern in the context of digital financial management. As organizations become increasingly reliant on digital platforms and interconnected systems, the risk of cyber threats such as data breaches, fraud, and ransomware attacks grow significantly. Therefore, it is crucial for companies to implement robust cybersecurity protocols, data encryption, and continuous risk monitoring to safeguard sensitive financial information.

The digital transformation of financial management also poses organizational challenges. These include resistance to change among employees, insufficient digital literacy, and the high initial cost of adopting new technologies. Moreover, integrating digital tools into existing systems can be complex and time-consuming. Nevertheless, companies that invest in digital transformation and workforce training are better equipped to respond to rapid market changes, ensure financial stability, and gain a competitive advantage.

In conclusion, digital technologies have become indispensable in modern financial management. From automation and data analytics to cloud computing and digital payments, these tools offer immense potential for improving financial operations. While challenges remain, the strategic integration of digital innovations enables companies to enhance efficiency, transparency, and agility. As the digital landscape continues to evolve, embracing these technologies will be essential for building resilient and forward-thinking financial systems.

References

1. Avira S., Rofi'ah, Setyaningsih E., Utami S.S. Digital transformation in financial management: harnessing technology for business success // INFLUENCE: International Journal of Science Review. 2023. V. 5. № 2. Pp. 336-345.
2. Budiasih Y. The influence of digital technology on financial management // Accounting Studies and Tax Journal (COUNT). 2024. V. 1. Pp. 81-89.
3. Jiang J. A study on the digital transformation trends in financial management for small and micro enterprises // International Journal of Global Economics and Management. 2024. V. 3, № 1. Pp. 355-363.

УДК 004.056.5

XOR И СДВИГИ — СТАРТ В ИЗУЧЕНИИ ШИФРОВАНИЯ

Крашкин Г.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
krashkinga@student.bmstu.ru
Руководитель: Шайнога С.Г., ст. преподаватель
МГТУ имени Н.Э. Баумана, Факультет «Лингвистика»

Исследованы простые криптографические методы (XOR, битовые сдвиги, генератор псевдослучайных чисел (PRNG)) для защиты данных. Доказано, что базовые алгоритмы повышают безопасность, но нуждаются в улучшении для практического использования.

Рост киберугроз делает шифрование данных критически важным навыком для IT-специалистов. Однако серьезные алгоритмы типа (AES, RSA) слишком сложны для новичков. В качестве альтернативы предлагаются такие базовые математические методы, как XOR и битовые сдвиги, которые также наглядно демонстрируют криптографические принципы [1].

Изучены следующие проблемы:

- Студенты и начинающие разработчики часто не понимают основ шифрования из-за сложности учебных материалов.
- Программы обучения редко включают практические примеры на уровне битов.

Наилучшим решением является изучение простых алгоритмов, использующих побитовые операции.

1. Базовые алгоритмы

1. XOR-шифр:
   - Побитовая операция, где $A \hat{} B = C$ и $C \hat{} B = A$ (обратимость).
2. Циклический сдвиг:
   - Пример $1011 \rightarrow 0111$ (сдвиг влево на 1 бит).
3. PRNG (генерация ключей):
   - Ключ создается с помощью rand() с фиксированным ключом.

2. Реализация

- Шаг 1: Введите текст и дополните его нулями до числа, кратного 4.
- Шаг 2: Разделение на 4-байтовые блоки → преобразование в двоичный формат.
- Шаг 3: Применить сдвиг и XOR с гаммой (псевдослучайный ключ) [2].
- Шаг 4: Сохраните зашифрованные данные в файл.

Как итог, преимуществами становятся:

- Облегчение понимания шифрования у новичков.
- Формирование навыков работы с низкоуровневыми инструментами у младших специалистов.

Недостатками являются:

- Уязвимость к методу подбора и частотному анализу.
- Непригодность для защиты критически важных данных.

Исследование показывает, что базовые алгоритмы шифрования (XOR, сдвиги) полезны для обучения. Использование этих алгоритмов помогает понять принципы криптографии перед тем, как переходить к более сложным методам. Однако, приведенные алгоритмы необходимо улучшать для промышленного применения.

Список литературы

1. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice - Introduction to Cryptography. / 7th edition. London: Pearson Education, 2017. 766 p.

UDC 004.056.5

XOR AND SHIFTS ARE A START FOR UNDERSTANDING ENCRYPTION

Krashkin G.A., student
BMSTU, faculty «Informatics and control systems»
krashkinga@student.bmstu.ru
Supervisor: Shaynoga S.G., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

Simple cryptographic methods (XOR, bit shifts, PRNG) for data protection are investigated. It is shown that the basic algorithms improve security, but need to be improved for practical use.

The rise of cyber threats makes data encryption a critical skill. However, complex algorithms (AES, RSA) are difficult for beginners. As an alternative, such basic methods as XOR and bit shifts might be suggested, which also clearly show the principles of cryptography [1].

The following issues have been studied:

- Students and novice developers often do not understand the basics of encryption due to the complexity of the educational materials.
- Training programs rarely include practical examples at the bit level.

The best solution is to study simple algorithms using bitwise operations.

1. Basic algorithms

4. XOR-cypher:
   - Bitwise operation, where `A^B = C` and `C^B = A` (reversibility)
5. Cyclical shift:
   - Example $1011 \rightarrow 0111$ (left shift by 1 bit).
6. PRNG (key generation):
   - The key is created via rand() with a fixed key.

2. Realization

- Step 1: Enter text and pad it with zeros to a multiple of 4.
- Step 2: Split into 4-byte blocks → converting to binary format.
- Step 3: Apply shift and XOR with gamma (pseudo-random key).
- Step 4: Save the encrypted data to a file.

As a result, the advantages are:

- Making understanding of encryption easier for beginners.
- Formation of skills in working with low-level tools among junior specialists.

Disadvantages:

- Vulnerability to brute-force and frequency analysis.
- Unsuitability or protecting critical data.

The study shows that basic encryption algorithms (XOR, shifts) are useful for learning purposes. Studying these algorithms helps to understand the principles of cryptography before moving on to more complex methods. However, these algorithms need to be improved for industrial applications.

References

1. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice - Introduction to Cryptography. / 7th edition. London: Pearson Education, 2017. 766 p.

УДК 658.8

ВИЗУАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ МОДНЫХ БРЕНДОВ ОДЕЖДЫ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ (НА ПРИМЕРЕ H&M, PULL&BEAR, UNIQLO).

Филатова Е.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
katerina45.fil@gmail.com
Научный руководитель: Рогова М.Ю., преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Цель исследования заключается в изучении как многонациональные розничные и модные бренды, такие как H&M, Pull&Bear и Uniqlo, используют свои аккаунты в социальных сетях для формирования идентичности бренда через визуальные элементы.

Визуальная идентичность включает в себя визуальные элементы, которые определяют бренд, такие как логотип, цветовая палитра, стиль фотографий и общее оформление. В эпоху цифровых технологий международные розничные и модные бренды используют социальные сети для создания узнаваемости и идентичности бренда. Цифровые платформы, такие как Instagram, TikTok и Pinterest, трансформировали коммуникацию между брендами и потребителями, став важным инструментом для обеспечения сильного присутствия в Интернете [1]

Около 5,24 миллиарда человек во всем мире используют социальные сети, что делает эти платформы влиятельными каналами для коммуникации брендов. В Instagram зарегистрировано более чем 2 миллиарда пользователей, а аудитория TikTok превышает 1,6 миллиарда. Данные социальные сети особенно эффективны благодаря их визуальной направленности [2]. Однако поддержание единообразной визуальной идентичности имеет решающее значение, поскольку незначительные несоответствия могут привести к недоразумениям.

Для дальнейшего изучения этой темы были выбраны три бренда: H&M, Pull&Bear и Uniqlo, каждый из которых являет представителем отдельного рыночного сегмента и контентной-стратегии. H&M ориентирован на молодые семьи и молодежь, предлагая доступную и стильную одежду. Pull&Bear нацелен на подростков и молодых людей, предлагая одежду уличного стиля и адаптируясь к трендам. Uniqlo специализируется на высококачественных базовых вещах, привлекая тех, для кого качество превыше модных тенденций.

В Instagram все бренды активно ведут свои страницы. Основное внимание H&M уделяет женской моде, в то время как H&M Kids и H&M Men получают меньше внимания: реже появляются новые посты и обновления в разделе «актуальное». Это подчеркивает фокус компании на молодой женской аудитории. Uniqlo акцентирует внимание на функциональности и удобстве своей одежды, особо отмечая качество своих тканей. Pull&Bear сосредоточен на молодежной моде и уличном стиле, делая упор на вечеринки, музыку и городскую жизнь в своих публикациях.

Публикации в Pinterest полностью соответствуют интересам целевой аудитории брендов. H&M предоставляет рекламные видео и вдохновляющие визуальные образы, чтобы привлечь своих подписчиков. Pull&Bear продвигает динамичный молодежный стиль с яркими цветами и смелыми композициями. Uniqlo USA немного отходит от японской концепции простоты, добавляя молодежные дизайны, сохраняя при этом акцент на функциональности и качестве. Подход к маркетингу в TikTok отличается от других социальных сетей из-за особенностей аудитории. H&M и Pull&Bear участвуют в трендах, активно взаимодействуя с молодежью. Uniqlo предпочитает спокойные видео с примерками и обзорами одежды, подчеркивая практичность своих предложений.

Анализ контент-стратегии показывает индивидуальный подход каждого бренда к каждой платформе, сохраняя при этом свою уникальную идентичность и ценности. H&M

ориентирован на молодых женщин, предлагая стильную и доступную одежду. Pull&Bear выражает свободу и смелость через яркие цвета и визуальные элементы уличного стиля. Uniqlo сохраняет фокус на комфорте, спокойствии и минимализме.

Контент компаний часто теряет свою информативность в Pinterest и TikTok, поскольку эти социальные медиа-платформы отдают предпочтение визуально привлекательному и ориентированному на тренды контенту, а не подробным или информативным материалам. Pinterest предоставляет платформу для поиска вдохновения и визуально привлекательных изображений, в то время как TikTok побуждает пользователей наслаждаться развлекательными короткими видео. Однако Uniqlo удается сохранить информативность своего контента, сосредотачивая внимание на качестве, простоте и функциональности своих изделий через видеообзоры. TikTok имеет более низкий уровень информативности и детализированности по сравнению с другими социальными медиа-платформами. Так происходит из-за особых метрик, которые в первую очередь сосредоточены на просмотрах, уровнях вовлеченности и количестве подписчиков. Алгоритмы TikTok продвигают контент, который быстро привлекает внимание, часто отдавая предпочтение трендам и вирусным челленджам, а не более информативному контенту. Это побуждает авторов постов создавать короткие завлекающие видео, что зачастую приводит к упрощению деталей. Визуальный контент становится все более популярным среди потребителей, что заставляет бренды делать его основой своих стратегий и учитывать конкретные предпочтения своей целевой аудитории.

Исследование показывает, что модные бренды создают и поддерживают свою визуальную идентичность, используя одни и те же логотипы, цветовую палитру, стиль публикаций. Такой подход эффективно передает ценности бренда, привлекает внимание и укрепляет лояльность потребителей. При этом бренды адаптируют контент к специфическим особенностям каждой платформы.

Список литературы

1. Appel G., Grewal L., Hadi R., Stephen A.T. The future of social media in marketing // Journal of the Academy of Marketing Science. 2020. № 48. Pp. 79-95.
2. Shubham Singh. How many people use social media. 2025. URL: https://www.demandsage.com/social-media-users/ (Дата обращения 15.03.2025).

UDC 658.8

VISUAL IDENTITY OF FASHION-BRANDS IN SOCIAL MEDIA (ON the EXAMPLE OF H&M, PULL&BEAR, UNIQLO).

Filatova E.P., student
BMSTU, faculty «Engineering Business and Management»
katerina45.fil@gmail.com
Supervisor: Rogova M.Y., lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

The aim of research is to explore how multinational retail and fashion brands, such as H&M, Pull&Bear, and Uniqlo, use their social media platforms to build brand identity through visual elements.

Visual identity encompasses the visual elements that define a brand, such as its logo, color palette, photography style, and overall design. In the digital age, multinational retail and fashion brands use social media to build brand identity and recognition. Digital platforms such as Instagram, TikTok, and Pinterest have transformed brand-consumer communication, becoming essential for a strong online presence [1].

With around 5.24 billion people worldwide using social media, these digital platforms serve as influential channels for brand communication. Instagram, with over 2 billion users, and TikTok,

exceeding 1.6 billion, are particularly effective due to their visual focus [2]. However, maintaining a consistent visual identity is crucial, as minor inconsistencies can lead to misunderstandings.

To further explore this topic, we selected three brands: H&M, Pull&Bear, and Uniqlo, each representing different market segments and content strategies. H&M targets young families and youth with accessible and stylish clothing. Pull&Bear focuses on teenagers and young adults, offering street style and adapting to trends. Uniqlo specializes in high-quality basics, appealing to those who prioritize quality over trends.

In Instagram all the brands actively update their content. H&M's main focus is on women's fashion, with less attention given to H&M Kids and Men, which have fewer publications and less frequently updated highlights sector. This emphasizes the company's focus on a young female demographic. Uniqlo emphasizes the functionality and convenience of their clothing, highlighting the quality of their fabrics. Pull&Bear focuses on youth fashion and street style, emphasizing parties, music, and urban life in their posts.

Pinterest posts are fully aligned with the interests of the target audience of the brands. H&M provides promotional videos and inspiring visual imagery to engage its followers. Pull&Bear promotes a dynamic youthful style with vibrant colors and bold compositions. Uniqlo USA differs slightly from the Japanese concept of simplicity by adding youthful designs, while still focusing on functionality and quality. The approach to marketing on TikTok differs from other social media platforms because of the characteristics of the audience. H&M and Pull & Bear participate in trends by actively engaging with young people. Uniqlo prefers tranquil videos featuring product reviews and fittings, emphasizing the practicality of their offers.

The analysis of the content strategy reveals the individual approach of each brand to each platform, while preserving its unique identity and values. H&M is aimed at young women with its stylish and affordable offerings. Pull&Bear expresses freedom and boldness through vibrant colors and street style visuals. Uniqlo maintains its focus on comfort, tranquility, and minimalism.

Content from companies often loses its informational value on Pinterest and TikTok because these platforms prioritize visually engaging and trend-driven content over detailed or informative material. Pinterest provides a platform for finding inspiration and visually appealing images, while TikTok encourages users to enjoy entertaining short videos. However, Uniqlo manages to maintain its informational content by focusing on the quality, simplicity, and functionality of their products through video reviews. TikTok has a lower level of information and detail compared to other social media platforms due to its metrics, which primarily focus on views, engagement rates, and follower counts. TikTok’s algorithm promotes content that quickly captures attention, often favoring trends and viral challenges over more informative content. That encourages creators to deliver quick, impactful massages that may sacrifice details. Visual content has become increasingly popular among consumers, forcing brands to incorporate it into their strategies and consider the specific preferences of their target audience.

The study shows that fashion brands create and maintain their visual identity using the same logos, color palette, and publication style. This approach effectively conveys brand values, attracts attention and strengthens consumer loyalty. At the same time, brands adapt content to the specific features of each platform.

References

1. Appel G., Grewal L., Hadi R., Stephen A.T. The future of social media in marketing // Journal of the Academy of Marketing Science. 2020. № 48. Pp. 79-95.

2. Shubham Singh. How many people use social media. 2025. URL: https://www.demandsage.com/social-media-users/ (Accessed: 15.03.2025).

СЕКЦИЯ «АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ»

УДК 621.74.043

ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ: РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Крокос П.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
iasonaskrokos@gmail.com
Научный руководитель: Репкина Л.И., к.п.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Современный мир трудно представить без технологий, которые облегчают и улучшают нашу жизнь. На протяжении многих лет было разработано множество методов, чтобы сделать эти технологические достижения возможными, и одним из них является литье. Развивались различные виды литья, такие как литье вакуумным всасыванием, литье по газифицируемым моделям, литье по выплавляемым моделям и литье под давлением. Именно литье под давлением является, на наш взгляд, одним из новейших методов и привлекает наибольшее внимание в настоящее время.

Последние 100 лет сыграли значительную роль в развитии методов литья. С конца 1920-х годов на кафедре МТ5 (Литейные Технологии) МГТУ им. Н.Э. Баумана проводились фундаментальные исследования по всем основным специальным методам литья: литье в кокиль, под давлением, под низким давлением и вакуумным всасыванием, литье по выплавляемым моделям и газифицированными моделями, литье методом сжатия и замораживания, центробежное литье. В ходе процесса исследований и инноваций выпускниками кафедры МТ5 был выпущен ряд публикаций, учебных изданий. Так, ведущие специалисты кафедры Ю.А. Степанов, В.А. Рыбкин, Г.Ф. Баландин исследовали специальные виды литья и разрабатывали машины литейного производства [1,2]. Несомненно, этот прогресс способствовал развитию литья под давлением, которое становилось в то время самым популярным методом литья во всем мире.

Литье под давлением является широко используемым производственным процессом для изготовления пластиковых изделий, в основном в больших объемах. Процесс включает в себя запрессовку материала под высоким давлением и скоростью в пресс-форму, где он охлаждается и затвердевает, приобретая желаемую геометрическую форму. Наиболее распространенными материалами являются термопласты, которые подлежат вторичной переработке, реактопласты, которые могут выдерживать высокие механические нагрузки, и эластомеры, которые владеют гибкими свойствами. Благодаря многочисленным преимуществам процесса, он применяется во многих областях, таких как автомобилестроение, электроника, медицина, потребительские товары и другие.

Этот процесс имеет множество преимуществ. В мире с высоким спросом на массовое производство он имеет большую значимость. Литье под давлением позволяет быстро производить большие партии с минимальным временем цикла. Благодаря возможностям машин для литья под давлением, процесс может быть практически полностью автоматизирован от самой первой до самой последней операции. Таким образом, требуется меньше рабочей силы. Еще одним ключевым преимуществом является качество продукции. Этот процесс обеспечивает точность, изготавливая детали с высокой толерантностью и однородным качеством, которые играют важную роль в их эксплуатации [3]. Кроме того, этим процессом можно получать сложную геометрию и замысловатую конструкцию, что позволяет производить многокомпонентные изделия за один цикл. Ни один другой метод литья не является таким же точным, как литье под давлением.

Несмотря на множество преимуществ, литье под давлением имеет ряд ограничений. Во-первых, следует подчеркнуть, что термопластавтоматы и пресс-формы имеют высокую

первоначальную стоимость. Для получения отливок с высокой точностью и сложной геометрией требуются значительные инвестиции, что делает процесс менее экономичным при небольших производственных партиях. Более того, этот метод изначально был разработан для создания отливок с тонкими стенками и относительно небольшими размерами [2], что делает его не сильно подходящим для очень больших или толстостенных изделий. Это связано с тем, что неравномерное охлаждение может привести к появлению таких дефектов, как коробление или усадочные раковины, которые значительно снижают эксплуатационные свойства отливок.

Учитывая все вышесказанное, литье под давлением – это уникальный метод получения изделий из пластика, который не может быть заменен никаким другим современным методом. Исходя из этого, прогнозируется, что литье под давлением продолжит развиваться в ближайшие годы, принимая во внимание высокий спрос на пластиковые изделия во многих областях. Однако, поскольку все ресурсы на Земле ограничены, массовое производство потенциально сместится в сторону термопластов, имея в виду тот факт, что они пригодны для вторичной переработки.

Список литературы

1. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. В 2 -х частях: учебное пособие для машиностроительных вузов по специальности «Машины и технология литейного производства». М.: Машиностроение, 1976. 328 с.
2. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства: специальные виды литья: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1983. 288с.
3. What is Injection Molding and How Does it Work? / KEYENCE CORPORATION OF AMERICA. URL: https://keyence.com (Дата обращения 01.04.2025).

UDC 621.74.043

INJECTION MOLDING: DEVELOPMENT AND PERSPECTIVES

Krokos P.I., student
BMSTU, faculty «Mechanical Engineering»
iasonaskrokos@gmail.com
Thesis advisor: Repkina L.I., associate professor
BMSTU, faculty «Linguistics»

It is difficult to imagine the world nowadays without the technological benefits that facilitate and make our life more enjoyable. Many techniques have been developed through years in order to make these technological advancements possible and one of them is casting. A variety of casting methods has been invented, like compression molding, blow molding, investment casting, pressure die casting and injection molding. The last one is one of the most recent methods and draws the biggest amount of attention these days.

The last 100 years have played a significant role in the development of the sphere of casting. From the late 1920’s the MT5 department (Foundry Technologies) of the Bauman Moscow State University has carried out fundamental research on all the main special methods of casting: casting in a chill mold, under pressure, under low pressure and vacuum suction, investment casting and gasified patterns, casting by squeezing and freezing, centrifugal casting. Through the process of research and innovation graduates of the MT5 Department issued a number of educational publications. Thus, leading specialists of the department Y.A. Stepanov, V.A. Rybkin, G.F. Balandin studied special types of casting and developed foundry machines [1,2]. Undoubtedly, this progress contributed to the development of injection molding, which was becoming the most popular casting method in the world at that time.

Injection molding is a widely used manufacturing process for producing plastic parts mainly in large volumes. The process involves injecting molten material under high pressure and speed into

a mould, where it cools and solidifies while gaining the desired geometrical shape. The most common materials employed include thermoplastics, which are recyclable, thermosetting plastics, which can withstand high mechanical loads and elastomers, which are flexible. Owing to the numerous advantages of the process, it finds application in many fields, such as automotive, electronics, medical, consumer goods and others.

The process offers a big number of benefits. In a world with high product demand, mass production is of great need. Injection molding allows rapid production of large quantities with minimal cycle times. Due to the abilities of the injection molding machines, the process can be almost fully automated from the very first to the very last operation. Thus, less workforce is required. Another key advantage is the quality of the products. The process ensures precision and consistency, producing parts with high tolerances and uniform quality, which play a significant role in their exploitation [3]. In addition to that, this process supports complex geometries and intricate designs, enabling the production of multi-component parts in a single cycle. No other casting method can be as precise as injection molding.

Despite its many advantages, injection molding has several limitations. Firstly, it should be emphasized that injection molding machines and dies have a high initial cost. In order to create castings with high precision and complex geometry, a significant investment is required, making the process less economical for small production runs. Moreover, this method was initially developed for creating castings with thin walls and relatively small in size [2], making it not well-suited for very large or thick-walled parts. This relies on the fact that uneven cooling can cause defects like warping or sink marks, which significantly reduce the castings' performance.

All things considered, injection molding is a unique method of creating plastic products, which cannot be replaced by any other modern method. Given that, it is predicted that injection molding will continue facing expansion in the upcoming years, including the high demand on plastic products in multiple fields. However, since all resources on our planet are limited, mass production will potentially shift to thermoplastics, considering the fact that they are recyclable.

References

1. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. В 2 -х частях: учебное пособие для машиностроительных вузов по специальности «Машины и технология литейного производства». М.: Машиностроение, 1976. 328 с.
2. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства: специальные виды литья: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1983. 288с.
3. What is Injection Molding and How Does it Work? / KEYENCE CORPORATION OF AMERICA. URL: https://keyence.com (Accessed: 01.04.2025).

УДК 53.01

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНОГО ТЕЧЕНИЯ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЫПУЧИХ СРЕД

Нефёдов И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ilyaniafiodau@mail.ru
Научный руководитель: Набатова И.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Сыпучий материал – одна из разновидностей сплошной среды, состоящая из множества отдельных макроскопических твердых частиц, бесконечно малых по сравнению со всем объемом тела, обладающих незначительным сцеплением между собой и теряющих механическую энергию при контакте друг с другом из-за сил трения. По свойствам истечения сыпучий материал подобен жидкости. Однако можно выделить принципиальное различие

между сыпучим материалом и жидкостью, когда речь заходит о значительном трении внутри среды, что приводит к низкой подвижности материала [1]. Эта особенность делает модель сплошной среды неприменимой и требует рассмотрения другой модели – множества макроскопических частиц.

Известно, что при свободном перетекании на горизонтальную плоскость сыпучая среда образует горку конической формы с определенным углом откоса. Это явление возникает по причине того, что сила трения создает препятствие деформации сдвига [2]. Применяя первое условие статического равновесия к отдельной частице на склоне конуса, образованного в результате истечения сыпучего материала на горизонтальную плоскость, мы можем получить формулу, определяющую зависимость между коэффициентом трения среды и углом откоса:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha , \quad (1)$$

где μ − насыпной коэффициент трения сыпучего материала, α − угол естественного откоса.

Таким образом, различные виды сыпучих материалов, такие как пшено и песок, образуют конические структуры различной формы на горизонтальной плоскости, что обусловлено различиями в коэффициенте трения. Чем ближе коэффициент трения к единице, тем острее конус, при этом угол наклона достигает почти 45°.

Типичным случаем, когда сыпучий материал образует конусообразную горку на горизонтальной подложке, является истечение из цилиндрического резервуара в рамках какого-либо процесса обработки среды. Мы установили, что при преобразовании формы сыпучего материала из цилиндра в конус происходит уменьшение потенциальной энергии материала из-за того, что центр тяжести конуса оказывается ниже центра тяжести соответствующего цилиндра. Нами бы получен данный результат аналитически на основе анализа геометрии двух фигур, а также найдено экспериментальное подтверждение этого явления (для песка и пшена).

Измерив угол наклона конуса, мы получили значение коэффициента трения материала, которое определяет высоту конуса и, следовательно, потенциальную энергию системы. Измерив массу исходной формы сыпучего материала, т.е. цилиндра, и геометрические характеристики, такие как высота и радиус, двух форм, мы обнаружили уменьшение объема, что соответствует уменьшению потенциальной энергии. Очевидно, потенциальная энергия, теряемая в результате образования конуса, преобразуется в тепло.

Уменьшение объема, обнаруженное в эксперименте, также соответствует увеличению плотности сыпучего материала. Это означает, что во время образования конуса сыпучий материал самоорганизуется таким образом, что макроскопические частицы, составляющие систему, сближаются друг с другом, и коэффициент заполнения пространства увеличивается. Согласно [3], частицы песка занимают 56% объема цилиндра, что соответствует сочетанию простой кубической решетки (коэффициент заполнения пространства достигает 53%) и гексагональной упаковки (коэффициент заполнения пространства достигает 60%). В процессе формирования конуса коэффициент заполнения пространства всей системы увеличивается до 60%, когда большинство частиц имеют гексагональную упаковку в сочетании с кластерными вставками простой кубической решетки и гранецентрированной кубической упаковкой. Частицы пшена в цилиндре занимают 59% объема, что соответствует гексагональной упаковке с участками простой кубической решетки и гранецентрированной упаковке. В процессе формирования конуса коэффициент заполнения пространства увеличивается до 70%, что свидетельствует о переходе большей части структуры пшена к кубической гранецентрированной упаковке.

Это явление можно объяснить с точки зрения принципа минимума энергии. Известно, что наиболее плотно упакованные структуры обладают наименьшей внутренней энергией. Сыпучий материал самоорганизуется таким образом, что приобретает минимальную

потенциальную энергию, обеспечивая стабильность структуры за счет создания плотной упаковки частиц, а также принимая форму конуса.

Разницу в формировании упаковок песка и пшена можно объяснить следующим образом. Чтобы определить упаковку реальных частиц, их геометрические модели, исходя из ряда всех возможных форм, можно упростить до формы сферы. Однако чем больше форма частиц отличается от сферической, тем меньше вероятность получения наиболее плотной упаковки в объеме сыпучего материала. Этим можно объяснить разницу в плотности упаковки песка и пшена, поскольку зерна пшена, в отличие от частиц песка, имеют сферическую форму.

Результаты исследования могут быть использованы при моделировании процессов, в которых требуются сыпучие материалы, а также при проектировании соответствующего оборудования, например, землеройной техники. При образовании конической горки песка давление на ковш машины будет меняться из-за перехода к более плотной упаковке частиц сыпучего материала. Учет данного явления может привести к более точному расчету коэффициента запаса, что приведет к повышению экономической целесообразности проектирования машины.

Список литературы

1. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих материалов. Москва: Стройиздат, 1997. 256 с.
2. Рогинский Г.А. Дозирование сыпучих сред. Москва: Химия, 1978. 176 с.
3. Попов Л.П. Контактная механика и физика трения. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 352 с.

UDC 53.01

RESEARCH ON FREE FLOW AND FORMATION OF BULK MATERIALS

Nefiodov I.I., student
BMSTU, faculty «Mechanical Engineering»
ilyaniafiodau@mail.ru
Supervisor: Nabatova I.A., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

Bulk material is one of the varieties of continuous medium, consisting of many individual macroscopic solid particles, infinitely small compared to the entire volume of the body, having little adhesion between themselves and losing mechanical energy during contact with each other due to friction forces. In terms of resistance to compression, outflow and the property of filling the internal volume of vessels, bulk material is similar to liquid. However, a crucial difference between bulk material and liquid may be highlighted when it comes to considerable friction within the medium, which results in the material's low mobility [1]. This peculiarity makes the continuous medium model inapplicable and draws another model to consider – a set of particles.

It is known that during a free flow onto a horizontal plane, bulk material forms a hill of a conical shape with a certain angle of repose. This phenomenon occurs due to the fact that the friction force creates an obstacle to shear deformation [2]. Applying the first static equilibrium condition to a single particle on the slope of a cone formed as a result of a bulk material's outflow onto horizontal plane, we obtain a formula determining the relationship between the friction coefficient of the medium and the angle of repose:

$$\mu = tg\,\alpha\,, \tag{1}$$

where μ is the friction coefficient inside the bulk material, and α is the angle of repose.

It follows that different kinds of bulk material, such as millet and sand, form different shapes of conical structures on a horizontal plane down to variations in the friction coefficient. The closer the friction coefficient to unit, the sharper the cone, with the angle of repose reaching nearly 45°.

A typical case for bulk material forming a cone-shaped hill on a horizontal plane is an outflow from a cylindrical tank as part of a processing procedure. We have established that when the shape of a bulk material is transformed from cylinder to cone, a decrease in the material's potential energy occurs due to the fact that the center of gravity of a cone gets lower than the center of gravity of a corresponding cylinder. Not only have we obtained that analytically by analyzing the geometry of the two shapes, but also got the same result experimentally (for sand and millet).

By measuring the angle of repose a cone, we have obtained the value of the material's friction coefficient, which determines the height of the cone and, thus, the potential energy of the system. Having measured the mass of the initial shape of a bulk material, i.e. cylinder, and the geometrical characteristics, such as height and radius, of the two shapes, we have found a decrease in volume, which corresponds to a decrease in the potential energy. It seems clear that the potential energy lost as a result of cone-formation is transformed into heat.

The decrease in volume found in the experiment also corresponds to an increase in the density of a bulk material. It means that during cone-formation bulk material self-organizes, so that the macroscopic particles comprising the system get closer to one another, and the space filling factor increases.

According to [3], sand particles occupy 56% of the volume of a cylinder, which corresponds to a combination of simple cubic lattice (space filling factor reaches 53%) and hexagonal packaging (space filling factor reaches 60%). In the process of cone-formation, the entire system's space filling factor increases to 60%, when most of the particles have hexagonal packaging in combination with cluster inserts of simple cubic lattice and face-centered cubic packaging. The millet particles in a cylinder occupy 59% of the volume, which corresponds to hexagonal packaging with areas of simple cubic lattice and face-centered packaging. In the process of cone formation, the space filling factor increases to 70%, which indicates a transition of the majority of millet particles to cubic face-centered packaging.

This phenomenon may be explained in terms of the minimum energy principle. It is known that the most densely packed structures have the lowest internal energy. Bulk material self-organizes in a way, which acquires minimal potential energy, ensuring the stability of the structure by creating a dense particle packing, and by taking the shape of a cone as well.

The difference in the formation of sand and millet packages can be explained the following way. To determine the packing of real particles, their shapes can be streamlined to the shape of a sphere. However, the more the shape of the particles differs from the spherical shape, the less likely it is to obtain the densest packing in the volume of a bulk material. This can explain the difference in the packing density of sand and millet, since millet grains, unlike sand particles, have a spherical shape.

The application to the findings of this research may be found in modelling processes requiring bulk materials and designing the corresponding equipment, such as earth-moving equipment. When the cone-formation occurs, the machine's bucket will experience different pressure due to denser packing of the bulk materials' particles. Taking this into account may result in a more accurate factor of safety calculation, leading to better economic feasibility of the machine.

References

1. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих материалов. Москва: Стройиздат, 1997. 256 с.
2. Рогинский Г.А. Дозирование сыпучих сред. Москва: Химия, 1978. 176 с.
3. Попов Л.П. Контактная механика и физика трения. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 352 с.

УДК 378

ИГОРЬ БОРИСОВИЧ ФЕДОРОВ: ГЛАВНЫЙ РЕФОРМАТОР МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Прусакова А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
prusakova.alexandra@gmail.com
Научный руководитель: Быковская Л.И., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Игорь Борисович Федоров - один из самых значимых личностей для любого студента МГТУ им. Н.Э. Баумана. Он был выдающимся педагогом, невероятно успешным научным сотрудником, а потом и выдающимся ученым. Игорь Борисович прошел все этапы вузовского пути в родном МГТУ им. Н.Э. Баумана. Он был студентом, далее аспирантом, потом сотрудником, проректором по научной работе, затем занял пост ректора и, наконец, президента лучшего технического. Его заслуги перед университетом сложно переоценить, так как его имя связано с очень тяжелым постсоветским периодом для Бауманки. Период его ректорства выпал на кризисное время для российского образования, когда финансирование резко сокращалось, а инженерные специальности стремительно начинали терять популярность. Он сумел не только сохранить университет в условиях глубокого кризиса, но и заложил фундамент для его дальнейшего развития.

Его выбор Московского Высшего Технического Училища в качестве высшего учебного заведения был предопределен связями его семьи с университетом, поскольку его мама работала с Андреем Николаевичем Туполевым, а многие её сослуживцы были выпускниками МВТУ [1, 2].

Игорь Борисович сумел стать крупным специалистом в области радиолокационной техники. Он стал признанным ученым в СССР и одним из самых молодых заведующих кафедрой. И.Б. Фёдоров сыграл ключевую роль в преобразовании МВТУ в МГТУ, включая разделение факультета «Приборостроение» (ПС) на «Радиоэлектроника и лазерная техника» (РЛ) и «Информатика и системы управления» (ИУ).

Игорь Борисович Фёдоров – автор более 200 научных и учебно-методических работ, включая 7 монографий и 15 авторских свидетельств. Его монография «Радиолокационные и лазерные приборы» была переведена на английский язык и издана в США в 1992 году. Фёдоров был избран членом-корреспондентом РАН в 2003 году и академиком в 2008 году. Он также уделял внимание внедрения студентов в науку, способствовал возникновению новых учебных программ в МГТУ им. Н.Э. Баумана и поддерживал различные междисциплинарные подходы. Одним из результатов его работы стало основание кафедры «Социология и культурология», а впоследствии - «Социология техники».

В 1991 году Фёдоров стал инициатором создания программы «Шаг в будущее» для школьников и молодых исследователей. Программа охватила более 70 тысяч участников из 60 регионов России и получила международное признание.

В непростой период времени Фёдоров сумел наладить сотрудничество с промышленными предприятиями, что позволило сохранить экспериментальную базу и обеспечить студентов возможностью практической деятельности. Он также поспособствовал развитию международных связей, привлекая зарубежных партнёров для совместных научных проектов [3].

Вся педагогическая и научная деятельность коллектива МГТУ имени Н.Э. Баумана, под руководством И.Б. Фёдорова, была нацелена на развитие будущих специалистов и образования. Всё, созданное им, крайне эффективно и плодотворно воздействовало на процессы стабилизации отечественной экономики в интересах национальной безопасности и устойчивого развития технического и инженерного образования России [2]. Его авторский

подход к управлению университетом, основанный на сочетании научной строгости и гибкости в условиях стремительно меняющейся экономики, стал примером для последующих поколений исследователей и руководителей. Сочетание точного научного подхода с инженерной интуицией, соблюдение традиций обучения инженеров по «русскому методу», тонкое чувство новизны выбранных направлений в работе, социально-экономический подход к решению сложных технических проблем и гуманитаризация подготовки специалистов позволяют МГТУ имени Н.Э. Баумана оставаться на острие мирового научно- технического прогресса и приумножать свой потенциал по сей день.

Игорь Борисович Фёдоров, будучи творческой личностью, имел необычное хобби – он глубоко увлекался поэзией Александра Сергеевича Пушкина. С детства Фёдоров блестяще знал не только все произведения поэта, но и истории их создания, а также многие интересные факты из его жизни. В июне 1999 года на торжественном вечере, посвящённом 200-летию Пушкина, Игорь Борисович продемонстрировал свои обширные знания. Когда выступающий допустил ошибку в рассказе об одном из эпизодов жизни поэта, Фёдоров оперативно подметил неточность и исправил её, что вызвало удивление у присутствующих. После некоторых колебаний выступающий признал свою ошибку и поблагодарил Игоря Борисовича за исправление.

Сегодня МГТУ им. Н.Э. Баумана продолжает оставаться флагманом инженерного образования в России, во многом благодаря тем реформам, которые были проведены под руководством Фёдорова. Его имя по праву занимает место в истории отечественной науки и высшей школы.

Список литературы

1. Фёдоровский университет имени Баумана // Московский комсомолец. 2010. URL: https://www.mk.ru/social/interview/2010/04/14/468749-fedorovskiy-universitet-imeni-baumana.html (Дата обращения 04.04.2025).
2. Фёдоров Игорь Борисович // Biograph.ru. URL: http://www.biograph.ru/index.php/whoiswho/1-science/297-fedorovib (Дата обращения 01.04.2025).
3. Фёдоров Игорь Борисович // Энциклопедия «Известные учёные». URL: https://famous-scientists.ru/anketa/fedorov-igor-borisovich-1672 (Дата обращения 03.04.2025).

UDC 378

IGOR BORISOVICH FEDOROV: THE MAIN REFORMER OF BAUMAN UNIVERSITY

Prusakova A.M., student
BMSTU, faculty «Social Sciences and Humanities»
prusakova.alexandra@gmail.com
Scientific supervisor: Bykovskaya L.I., C.Sc.E., associate professor
BMSTU, faculty «Linguistics»

Igor Borisovich Fedorov is one of the most significant personalities for any Bauman Moscow State Technical University student. He was an outstanding teacher and an incredibly successful researcher, and later he became an outstanding scientist. Igor Borisovich went through all the stages of his university career at Bauman Moscow State Technical University. He was a student, then an aspirant, then an employee, then vice-rector for research, then took the post of rector, and finally, president of the best technical university in Russia. It is difficult to overestimate his services to the university, as his name is associated with a very difficult post-Soviet period for BMSTU. The period of his rectorship fell at a time of crisis for Russian education, when funding was sharply reduced and engineering specialties were rapidly losing popularity. He managed not only to preserve the university in conditions of deep crisis but also to lay the foundation

for its further development.

His choice of the Moscow Higher Technical School as a higher education institution was determined by his family's ties to the university, since his mother worked with Andrei Nikolaevich Tupolev, and many of her colleagues were graduates of the Moscow State Technical University. [1, 2]

Igor Borisovich managed to become a major specialist in the field of radar technology. He became a recognized scientist in the USSR and one of the youngest heads of the department. I.B. Fedorov played a crucial role in the transformation of the Moscow Higher Technical School into BMSTU, including the division of the Faculty of «Instrument Engineering» into «Radio Electronics and Laser Technology» and «Computer Science and Control Systems».

Igor Borisovich Fedorov is the author of more than 200 scientific and educational works, including 7 monographs and 15 author's certificates. His monograph «Radar and Laser Devices» was translated into English and published in the USA in 1992. Fedorov was elected as a member of the Russian Academy of Sciences in 2003 and an academician in 2008. He also paid attention to introducing students to science, promoted the emergence of new curricula at the Bauman Moscow State Technical University, and supported various interdisciplinary approaches. One of the results of his work was the foundation of the Department of Sociology and Cultural Studies and, subsequently, the Sociology of Technology.

In 1991, Fedorov initiated the creation of the Step into the Future program for schoolchildren and young researchers. The program has reached more than 70,000 participants from 60 regions of Russia and has received international recognition.

During a difficult period of time, Fedorov was able to establish cooperation with industrial enterprises, which allowed him to preserve the experimental base and provide students with practical opportunities. He also contributed to the development of international relations by attracting foreign partners for joint research projects. [3]

All the pedagogical and scientific activities of the Bauman Moscow State Technical University team, under the leadership of I.B. Fedorov, were aimed at developing future specialists and the education system. Everything he created had an extremely effective and fruitful impact on the stabilization of the economy in the interests of national security and the sustainable development of technical and engineering education in Russia [2]. His author's approach to university management, based on a combination of scientific rigor and flexibility in a rapidly changing economy, became an example for future generations. The combination of an accurate scientific approach with engineering intuition, adherence to the traditions of teaching engineers using the "Russian method," a subtle sense of the novelty of the chosen areas of work, a socio-economic approach to solving complex technical problems, and the humanitarization of specialist training allow Bauman Moscow State Technical University to remain at the forefront of global scientific and technological progress and increase its potential for this day.

Igor Borisovich Fedorov had an exciting hobby — he was deeply interested in the poetry of Alexander Sergeevich Pushkin. Since childhood, Fedorov brilliantly knew not only all the poet's works but also the stories of their creation, as well as many interesting facts from his life. In June 1999, at a gala evening dedicated to the 200th anniversary of Pushkin, Igor Borisovich demonstrated his extensive knowledge. When the speaker made a mistake in telling about one of the episodes of the poet's life, Fedorov promptly noticed the inaccuracy and corrected it, what caused surprise among those present. After some hesitation, the speaker admitted his mistake and thanked Igor Borisovich for correcting it.

Today, Bauman Moscow State Technical University continues to be the flagship of engineering education in Russia, mostly due to the reforms that were carried out under the leadership of Fedorov. His name rightfully occupies a place in the history of Russian science and higher education.

References
1. Фёдоровский университет имени Баумана // Московский комсомолец. 2010. URL: https://www.mk.ru/social/interview/2010/04/14/468749-fedorovskiy-universitet-imeni-baumana.html (Accessed: 04.04.2025).
2. Фёдоров Игорь Борисович // Biograph.ru. URL: http://www.biograph.ru/index.php/whoiswho/1-science/297-fedorovib (Accessed: 01.04.2025).
3. Фёдоров Игорь Борисович // Энциклопедия «Известные учёные». URL: https://famous-scientists.ru/anketa/fedorov-igor-borisovich-1672 (Accessed: 03.04.2025).

УДК 001.32

ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ, А НЕ ОБЪЕКТОВ

Родин Ф.Ф., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ffr431@yandex.ru
Рыжиков А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ryzhikov2004@bk.ru
Научный руководитель: Капранова Л.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Далеко не все талантливые автомобильные конструкторы прославились своими конкретными проектами — многие из них так и остались в тени своей эпохи. Одним из таких значительных личностей был Евгений Алексеевич Чудаков — выпускник МГТУ им. Н.Э. Баумана (в то время «Императорское Московское техническое училище») и один из главных автомобильных конструкторов в России 20 века. Чудаков Е.А. был буквально «изобретателем инструментов, а не объектов», положив основу автомобилестроения как науки в СССР.

В 1908 году Чудаков поступил в Императорское Московское техническое училище на специальность «двигатели внутреннего сгорания» и ещё во время обучения написал свою первую научную работу — «Влияние конструкции головок цилиндров на процесс сгорания газа», а в 1916 году он досрочно с отличием закончил университет. Чудаков участвовал в основании НАЛ (позже преобразованной в НАМИ) [1], Московского научно-исследовательского института машиноведения и кафедры СМ-10 (тогда она называлась «Автомобили»). Он занимался и общими вопросами развития машиностроения, изучением производительных сил страны, проблемами организации науки. Например, в 1928 г. выпустил книгу «Динамическое и экономическое исследование автомобиля» (первым в стране капитальным исследованием в области автомобилестроения). К 1939 году было издано более десятка научных изданий.

Разрабатыванием теоретической базы он решал многие конструкторские задачи во всех аспектах строения автомобиля. Например, предложил безразмерный критерий проходимости и экономайзер холостого хода для экономии топлива. Чудаков уделял большое внимание экономии топлива, предлагал внедрить на автомобильный транспорт газовое топливо, провести дизелизацию автомобилей. Также он давал рекомендации по повышению степени сжатия в цилиндрах двигателя, использованию этилированного бензина, пропагандировал прогрессивные методы эксплуатации. Но его труды включали и анализ других аспектов автомобиля, например, динамического. Именно в этой области он разработал первый прототип вездехода с колёсной формулой 8х8 и многое другое.

Несмотря на то, что человеком на вид он был обыкновенным, Чудаков Е.А всё своё время посвящал какой-либо работе: отдавал много времени научной, организационной и общественной деятельности. Педагогическую работу считал одной из важнейших. Был передовым лектором, при этом много выступал, главным образом, перед молодежной

аудиторией, доказывал необходимость автомобилизации страны [2]. Он создал кинофильм «Автомобиль», состоящий из нескольких полнометражных учебных фильмов. За выдающиеся заслуги в области научно-исследовательской работы по автомобильной техники он получил первую правительственную награду — орден Трудового Красного Знамени, две Сталинские премии II степени, два ордена Ленина и прочие медали. Однако его выделяло как личность то, что Чудаков в своё время отказался от Сталинской премии и попросил направить деньги на строительство танковой колонны «За передовую науку» [3].

Можно сказать, что Чудаков Е.А. был выдающимся конструктором и значимой личностью в истории России. Однако не только он внёс огромный вклад в развитие промышленности СССР. Сотни и тысячи учёных, среди которых немало и выпускников МГТУ, так и были забыты, проложив дорогу для других изобретателей, но при этом оставшись для масс совершенно незнакомыми людьми. Но именно таким является образ настоящего инженера, горящего своим делом, что и показывает на своём примере Евгений Алексеевич. Как он сам утверждал, цитата: «Чем больше я живу и работаю, тем больше и больше убеждаюсь в том, что успех в любой работе, а особенно в научной работе, определяется не только и не столько способностями, сколько целеустремленностью и горячим желанием решить ту или иную задачу...»

Список литературы

1. Кафедра СМ-10 «Колёсные машины» МГТУ им. Баумана : официальный сайт. Москва, 2019. URL: https://sm10.bmstu.ru (Дата обращения 08.03.2025).
2. Алексеев Ю.Г. Евгений Чудаков. М.: Московский рабочий, 2014. 61 с.
3. Как устроен автомобиль? Все объяснил профессор Чудаков // За рулем. 2023. URL: https://www.zr.ru/content/articles/941152-zr-95-evgenij-chudakov-akade (Дата обращения 23.03.2025).

UDC 001.32

THE INVENTOR OF A PROPER TOOL, RATHER THAN A SPECIFIC OBJECT

Rodin F.F., student
BMSTU, faculty «Special Mechanical Building»
ffr431@yandex.ru
Ryzhikov A.R., student
BMSTU, faculty «Special Mechanical Building»
ryzhikov2004@bk.ru
Scientific supervisor: Kapranova L.V., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

Not all the automotive designers became famous through the specific projects — many remained overshadowed by their era. The bright example of that is Evgeny Alekseevich Chudakov, a graduate of BMSTU (then known as the «Imperial Moscow Technical School») and one of the most important designers in 20th-century Russia. He was the inventor of a proper tool, rather than a specific object, laying the foundational principles of automotive engineering in Imperial Russia and later the USSR.

In 1908, E. A. Chudakov was enrolled in the Imperial Moscow Technical School, specializing in «internal combustion engines» and while working part-time as a locksmith at a factory, he wrote his first scientific paper, "The Influence of Cylinder Head Design on the Gas Combustion Process". In 1916 he graduated from the university ahead of schedule with honors. E.A. Chudakov proposed the creation of the Russian Scientific Automotive Laboratory (SAL) [1] which was later evolved into SAMI, he helped with creating the Moscow Research Institute of Machine Science and even the SM-10 Department (back then called «Automobiles»). Undoubtedly, he was also working on common issues of engineering development and scientific research projects. For instance, in 1928, he wrote a

book titled «Dynamic and Economic Analysis of the Automobile» (the first major research in the automotive industry in the USSR). By 1939, more than a dozen scientific publications had been published.

Through the development of a theoretical foundation he was able to solve numerous engineering problems in the automotive industry. Evgeniy Alekseevich proposed a dimensionless criterion for off-road capability and the engine idle economizer. Chudakov was one of the first in the world to pay close attention to fuel efficiency. He proposed the dieselization of vehicles and integration of gas-based fuels. He was recommending increasing the compression ratio in engine cylinders, utilizing leaded gasoline. His works also incorporated a lot of studies in vehicle dynamics, including the development of the first prototype of an all-terrain vehicle with an 8x8 (eight-cross-eight) wheel configuration and more.

Despite his humble, perhaps even ordinary persona, Chudakov devoted literally all his time to some form of work, especially scientific, organizational, and public activities. He never abandoned his pedagogical efforts, considering it one of his most important duties. He was an advanced lecturer, and at the same time he spoke a lot, mainly to a youth audience, arguing for the need to motorize the country [2]. Around the same time, he produced an entire full-length educational film titled «The Automobile». For his outstanding scientific and research work in automotive technology, he received his first governmental award — the Order of the Red Banner of Labor, along with two Stalin Prizes of the Second Degree, two Orders of Lenin, and other medals. However, he was distinguished as a person by the fact that Chudakov at one time refused the Stalin Prize and asked to send money for the construction of a tank column «for advanced science» [3].

It can be said that E.A. Chudakov was definitely a remarkable designer and an overall significant figure. But it’s obvious that he was not the only one to make an important contribution to the industrial progress in science. Hundreds and thousands of scientists, including many graduates of BMSTU, have remained «behind the scenes» while building the environment for other designers to shine. Evgeny Alekseevich demonstrates by himself what it means to be a true engineer. As he stated one time, and I quote: «The longer I live and work, the more I become convinced that success in any endeavor, especially in scientific work, is determined not only or even primarily by talent, but by determination and a fervent desire to solve any problem...»

References

1. Кафедра СМ-10 «Колёсные машины» МГТУ им. Баумана : официальный сайт. Москва, 2019. URL: https://sm10.bmstu.ru (Accessed: 08.03.2025).
2. Алексеев Ю.Г. Евгений Чудаков. М.: Изд-во «Московский рабочий», 2014. 61 с.
3. Как устроен автомобиль? Все объяснил профессор Чудаков // За рулем. 2023. URL: https://www.zr.ru/content/articles/941152-zr-95-evgenij-chudakov-akade (Accessed: 23.03.2025).

УДК 629.782.091

ВКЛАД ВЫПУСКНИКОВ МГТУ В ПОКОРЕНИЕ КОСМОСА

Сидельникова Е.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
sidelnikovaes2004@mail.com
Струнков А.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
a.strunkov@inbox.ru
Научный руководитель: Емельянова О.П., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Вклады выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана в космонавтику постоянно способствуют глобальному научному прогрессу и инновациям. Ранние пионеры, такие как Сергей Королёв и Владимир Челомей, заложили основы, которые продолжают оказывать влияние на

современные миссии. Руководство Королёва при запуске «Спутника» — первого в мире искусственного спутника Земли — и организация исторического полёта Юрия Гагарина превратили теоретическую ракетостроительную науку в практическую реальность [1]. Работа Челомея над семейством ракет «Протон», технологиями орбитальных станций и стратегическими системами обороны продемонстрировала силу точной инженерии для решения как гражданских, так и военных задач в космосе [2].

Космонавт Олег Артемьев продолжает это наследие, проведя на Международной космической станции более 560 суток. Запуск им созданных студентами спутников, участие в сложных внекорабельных операциях и активная популяризация науки по всему миру демонстрируют прямую связь между университетской подготовкой и практическим мастерством [3].

Инновационные проекты недавних выпускников подтверждают постоянный вклад Бауманки. Эксперимент «Парус-МГТУ» изучает возможность движения с помощью давления солнечного света, а серия спутников «Ярило» исследует феномены солнечных рентгеновских излучений и испытывает технологии по снижению количества космического мусора. Эти примеры показывают, как теоретические исследования в университете превращаются в практические решения для актуальных задач освоения космоса.

Освещение этих достижений сохраняет память о научных вехах и вдохновляет студенческое сообщество. Знание успехов прошлого и настоящего способствует преемственности, стимулирует исследования и подтверждает роль МГТУ в расширении границ освоения космоса человечеством.

Список литературы

1. Sergei Pavlovich Korolev / Biography & Facts. URL: https://www.britannica.com/biography/Sergei-Korolev (Дата обращения 27.04.2025).
2. Vladimir Nikolayevich Chelomey / Biography. URL: https://www.britannica.com/biography/Vladimir-Nikolayevich-Chelomey (Дата обращения 27.04.2025).
3. Oleg Artemyev Biography URL: https://artemjew.ru/en/bio/ (Дата обращения 27.04.2025).

UDC 629.782.091

THE CONTRIBUTION OF BAUMAN UNIVERSITY ALUMNI TO THE SPACE TECH

Strunkov A.P., student
BMSTU, faculty «Special Machine Building»
a.strunkov@inbox.ru
Sidelnikova E.S., student
BMSTU, faculty «Special Machine Building»
sidelnikovaes2004@mail.com
Supervisor: Emelyanova O.P., senior lecturer
BMSTU, faculty «Linguistics»

Contributions of Bauman Moscow State Technical University graduates to astronautics and space exploration have consistently driven global scientific progress and innovation. Early pioneers such as Sergei Korolev and Vladimir Chelomey laid a foundation that continues to influence today’s missions. Korolev’s leadership in launching Sputnik, the world’s first artificial satellite, and orchestrating Yuri Gagarin’s historic human flight turned theoretical rocketry into a practical reality [1]. Chelomey’s work on the Proton rocket family, orbital station technologies, and strategic defense systems exemplified the power of rigorous engineering to meet both civilian and military needs in space [2].

Modern cosmonaut Oleg Artemyev carries this heritage forward through more than 560 days in orbit aboard the International Space Station. His deployment of student-built satellites, participation in complex extravehicular activities, and commitment to science communication around the world demonstrate the direct link between academic training and operational excellence [3].

Innovative projects by recent graduates provide further evidence of Bauman's enduring impact. The Parus-MGTU solar sail experiment investigates fuel-free propulsion using sunlight pressure, while the Yarilo nanosatellite series examines solar X-ray phenomena and tests technologies for space debris mitigation. These initiatives highlight how theoretical research at the university translates into practical solutions for emerging challenges in space exploration.

Reflecting on these achievements preserves the memory of landmark scientific milestones and energizes today's student community. Familiarity with past and present successes instills a sense of continuity, encourages bold research endeavors, and reaffirms Bauman University's pivotal role in advancing humanity's reach into the space.

References

1. Sergei Pavlovich Korolev / Biography & Facts. URL: https://www.britannica.com/biography/Sergei-Korolev (Accessed: 27.04.2025).
2. Vladimir Nikolayevich Chelomey / Biography. URL: https://www.britannica.com/biography/Vladimir-Nikolayevich-Chelomey (Accessed: 27.04.2025).
3. Oleg Artemyev Biography URL: https://artemjew.ru/en/bio/ (Accessed: 27.04.2025).

УДК 621.373.826

БОЛЬШИЕ ПЛАНЫ КОРОЛЁВА: К ЛУНЕ И ДАЛЬШЕ

Шаповалов И.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
ivanvic321@andex.ru
Яговкин К.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
kirillyagovkin@gmail.ru
Научный руководитель: Кротова Е.М., преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»

Многие знают о некоторых проектах Королёва (например, первый спутник, первый запуск человека в космос), меньше знают про то, что он выпускник Бауманки, но еще меньшее число людей знает про менее значимые, но более амбициозные проекты, отголоски которых до сих пор толкают отечественное и мировое развитие космонавтики вперёд и ввысь.

Королёв свои первые успешные разработки осуществил, ещё учась в школе. В 17 лет он представил проект безмоторного самолёта, а, уже учась в Московском Высшем Техническом Училище имени Баумана [1], он спроектировал первый в СССР планер, предназначенный для выполнения фигур высшего пилотажа, в частности мёртвой петли, что успешно продемонстрировал советский летчик-ас Василий Степанчонок.

В 1930-е годы Королёв вместе с единомышленниками основал Группу Изучения Реактивного Движения (ГИРД) [2], которая затем выросла в Реактивный научно-исследовательский институт. 14 июля начальником ГИРДа назначен С. П. Королёв. Группой был создан двигатель с индексом 10 для ракеты ГИРД-Х. 31 мая 1933 года создание ракеты «ГИРД-09», первой в СССР работающей ракеты на гибридном топливе было завершено. 25 ноября 1933 года состоялся успешный запуск ракеты ГИРД-Х. До 1938 года при участии и во многом под руководством Королева были созданы первые советские жидкостно-баллистические ракеты, крылатые ракеты (зенитные и дальнобойные), разработаны проекты ракет дальнего действия авиационных ракет и зенитных твердотопливных ракет.

23 июня 1960 г. было издано постановление о разработке проекта ракеты Н-1 и тяжёлого межпланетного корабля (ТМК) [3]. Изначальный вариант ТМК предполагал пилотируемый полёт к Марсу без посадки с последующим возвращением, но в 1961 г. частично готовый проект Н-1-ТМК был переориентирован для полёта к Луне. Были разработаны космический корабль 7К-ОК (ЛОК), который в дальнейшем был переименован в «Союз», лунный корабль 11Ф94 (ЛК) и сверхтяжёлая ракета-носитель Н-1. С 1965 г. по 1967 г. было произведено три беспилотных запуска ЛОК, и все были неудачными.

23 апреля 1967 г. стартовал пилотируемый ЛОК (Союз-1), планировалось запустить ещё один, для проведения стыковки двух аппаратов, но ряд систем корабля отказал, и «Союз-1» решили досрочно посадить. Ряд технических сложностей довершил отказ парашютной системы и спускаемый аппарат на огромной скорости врезался в землю.

После этих событий лунный проект был отправлен на серьёзную доработку. После серии запусков беспилотных и пилотируемых «Союзов» был осуществлён первый пуск сверхтяжёлой ракеты Н-1 21 февраля 1969 г. Ракету разгоняло 30 двигателей первой ступени, которые управлялись компьютерной системой КОРД. На 69 секунде полёта КОРД отключила все двигатели из-за несовершенных компьютерных алгоритмов. 3 июля 1969 г. произошёл второй неудачный запуск Н-1. 27 июня 1971 г. ракета Н-1 взорвалась в третий раз на 48 секунде полёта. 23 ноября 1972 г. Н-1 опять взорвалась. 15 мая 1974 г. правительство СССР приняло решение о временной приостановке программы Н-1. Череда неудачных запусков и уже проигранная гонка к Луне заставили правительство пересмотреть отношение к проекту.

Изначально ракета Н-1 и корабль ТМК разрабатывались для полёта к Марсу, поэтому эти разработки легли в основу нового проекта, когда правительство СССР заинтересовалось Красной планетой. Проект нового межпланетного советского корабля предусматривал полет к Марсу с советским экипажем на борту уже в 1971 г. Предполагалась кабина экипажа, система защита от солнечной радиации и оранжерея, которая бы обеспечивала космонавтов кислородом и пропитанием. Космический аппарат «МАВР» должен был совершить промежуточный облет вокруг Венеры со сбросом исследовательских зондов и далее, используя гравитационный маневр ускорения в поле планеты, продолжить путь к Марсу. 16 мая 1962 года Королёв утвердил эскизный проект и задачи, которые ставились перед техническими системами. Параллельно разрабатывался и другой пилотируемый проект: сборка многомодульного корабля должна была проводиться на околоземной орбите. По достижению Марса для исследования его атмосферы на поверхность должны были спуститься 3 космонавта.

К сожалению, со смертью Сергей Королёва в 1966 г. [2] первоначальный импульс угас. Сложись все по-другому, возможно, мы бы сегодня уже выращивали на Марсе огурцы.

Как бы то ни было, идеи Королёва выходили далеко ха рамки того времени: в то время технологии не были настолько развиты, что поставило крест на многих его планах. Но несмотря ни на что сегодня, в 21 веке, мы можем наконец осуществить его мечты! В конце концов, прогресс не стоит на месте и никогда не будет!

Список литературы

1. Сергей Королёв — биография конструктора, жизнь и смерть. URL: https://biographe.ru/uchenie/sergej-korolev/ (Дата обращения 05.05.2025).
2. Первая советская ракета на жидком топливе. URL: https://dzen.ru/a/ZWLfjGdyvXO1w8r1 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Советские программы пилотируемых полётов к Луне. URL: https://astronaut.ru/bookcase/article/ar11.htm (Дата обращения 05.05.2025).

UIC 621.373.826

KOROLEV`S GREAT PLANS: TO THE MOON AND BEYOND

Shapovalov I.M., student
BMSTU, faculty «Mechanical engineering»
ivanvic321@yandex.ru
Yagovkin K.O., student
BMSTU, faculty «Mechanical engineering»
kirillyagovkin@gmail.ru
Scientific adviser: Krotova E.M., professor
BMSTU, faculty «Linguistics»

Many people know about some of Korolev's projects (for e[ample, the first satellite, the first human space launch), fewer know that he is a graduate of Baumanka, but even less amount of people know about other less significant but more ambitious projects, the echoes of which still push the domestic and global development of astronautics forward and upward.

Korolev carried out his first successful developments while still studying in school. At the age of 17, he presented a project of a non-motorized aircraft, and while studying at the institute (in 1926 [1] Korolev transferred from Kiev to the famous Moscow Higher Technical School named after Bauman), he created the first glider in the USSR designed to perform aerobatics, in particular a dead loop, which was successfully demonstrated by Soviet ace pilot Vasily Stepanchonok.

In the 1930s, Korolev and like-minded people founded the Jet Propulsion Research Group (GIRD), which later grew into the Jet Research Institute. On July 14, 1930 S. P. Korolev was appointed as the head of the GIRD [2]. The group created an engine with the index 10 for the GIRD-X rocket. On May 31, 1933 the creation of the GIRD-09 rocket was finished, the first hybrid—fueled rocket in the USSR. On November 25 the GIRD-X rocket was successfully launched. Prior to 1938, with the participation and largely under the leadership of Korolev, the first Soviet liquid-ballistic missiles, cruise missiles (anti-aircraft and long-range), long-range missiles, aircraft missiles and anti-aircraft solidfuel missiles were developed.

On June 23, 1960, a decree was issued on the development of the design of the N-1 rocket and the heavy interplanetary spacecraft (TMK) [3]. The original TMK version assumed a manned flight to Mars without landing and then returning, but in 1961 the partially completed N-1-TMK project was reoriented for a flight to the Moon. The 7K-OK spacecraft (LOK), which was later renamed Soyuz, the 11F94 lunar spacecraft (LK) and the N-1 superheavy launch vehicle were developed. From 1965 to 1967, three unmanned LOK launches were carried out, and all were unsuccessful.

On April 23, 1967, a manned LOK (Soyuz-1) was launched [3], it was planned to launch another one to dock the two vehicles, but a number of ship systems failed, and Soyuz-1 was decided to land ahead of schedule. A number of technical difficulties were completed by the failure of the parachute system and the descent vehicle crashed into the ground at high speed.

After these events, the lunar project was sent for serious revision. After a series of launches of unmanned and manned Soyuz rockets, the first superheavy N-1 rocket was launched on February 21, 1969. The rocket was accelerated by 30 first-stage engines, which were controlled by a computer CORD system. At 69 seconds into the flight, the CORD shut down all engines due to imperfect computer algorithms. On July 3, 1969, the second unsuccessful launch of the N-1 occurred. On June 27, 1971, the N-1 rocket exploded for the third time at 48 seconds of flight. On November 23, 1972, the N-1 exploded again. On May 15, 1974, the USSR government decided to temporarily suspend the N-1 program. Four unsuccessful launches out of four and the already lost manned race to the Moon forced the government to reconsider its attitude to the project.

Since the N-1 rocket and the TMK spacecraft were originally designed to fly to Mars, these developments formed the basis of a new project when the Soviet government became interested in the Red Planet. The design of the new Soviet interplanetary spacecraft envisioned a flight to Mars with a Soviet crew on board as early as 1971. It was supposed to have a crew cabin, a solar radiation

protection system and a greenhouse that would provide the astronauts with oxygen and food. The MAVR spacecraft was supposed to make an intermediate flyby around Venus with the release of research probes and then, using a gravitational acceleration maneuver in the planet's field, continue its journey to Mars. On May 16, 1962, Korolev approved the draft design and the tasks assigned to the technical systems. At the same time, another manned project was being developed: the assembly of the multimodule spacecraft was to be carried out in low-Earth orbit. Upon reaching Mars, 3 astronauts were supposed to descend to the surface to study its atmosphere.

Unfortunately, with the death of Korolev in 1966 [2], the initial impulse faded away. If things had turned out differently, perhaps we would already be growing cucumbers on Mars today.

All in all, Korolev's ideas were far ahead of the time in which he lived. Back then, technology was not as advanced as it is today, which put an end to all his grandiose plans. But nevertheless, now, in the twenty-first century, we can finally fulfill all his dreams. After all, progress does not stand still and will never be!

References

1. Сергей Королёв — биография конструктора, жизнь и смерть. URL: https://biographe.ru/uchenie/sergej-korolev/ (Accessed: 05.05.2025).
2. Первая советская ракета на жидком топливе. URL: https://dzen.ru/a/ZWLfjGdyvXO1w8r1 (Accessed: 05.05.2025).
3. Советские программы пилотируемых полётов к Луне. URL: https://astronaut.ru/bookcase/article/ar11.htm (Accessed: 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ИНОСТРАННЫЙ»

УДК 608.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ РОБОТА С КОМБИНИРОВАННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И МАНИПУЛЯЦИИ

Али Али
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Центр дополнительного образования
alimahmoudali1993s@gmail.com
Научные руководители: Ионова Н.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
ionova_n@bmstu.ru;
Коверина М.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
koverina@bmstu.ru;
Надаховская М.А., преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
nadahmari@bmstu.ru

Роботы используются в различных сферах: производстве, здравоохранении, сельском хозяйстве, освоении космоса, военных операциях и т.д. В зависимости от области применения используют роботов на колёсной платформе, на гусеничной платформе, манипулятора, робота с манипулятором [1]. Мобильные роботы, как правило, ограничены в плане передвижения и мобильности, особенно если они оснащены манипулятором [2]. Обзор существующих конструкций мобильных роботов выявил следующие проблемы: подверженность манипулятора повреждениям и неспособность к самовыравниванию после переворачивания.

Цель проекта – разработка робота с комбинированными возможностями перемещения и манипуляции. Основная функция манипулятора – расширить способности робота, позволяя ему преодолевать препятствия и поднимать своё тело при необходимости. Отсюда и возникла идея гибридного робота, в котором манипулятор играет роль базы. Это достигается за счёт интеграции манипулятора в платформу. В данном проекте будет реализована конструкция, позволяющая продолжать работу после переворачивания.

Исходя из вышесказанного, конструкция гибридного робота состоит из двух параллельных базовых гусеничных звеньев, которые соединены звеньями и пассивными колёсами. Манипулятор может находиться внутри корпуса робота. Такая конструкция позволяет роботу раскладывать или складывать манипулятор с любой стороны, обеспечивая непрерывную работу даже после переворачивания и защищая звенья от повреждений. Архитектура управления использует бортовую беспроводную сеть связи для соединения подсистем робота [3]. Этот модульный подход обеспечивает непрерывное вращение звеньев робота.

Для анализа функциональности робота было проведено динамическое моделирование с помощью программы ADAMS. Моделирование помогло оптимизировать конструкцию путём тестирования различных задач, таких, как скалолазание, шаг убывания, преодоление цилиндрических препятствий, переход через канаву.

Созданный гибридный робот может применяться в самых разных областях: для поиска и спасения, инспекции, наблюдения и военных миссий. Он обладает способностью преодолевать различные препятствия (ямы, лестницы и т.д.) и может перемещаться по узким или низким пространствам как внутри, так и снаружи зданий.

Список литературы
1. Yamauchi B. Packbot: a versatile platform for military robotics. // Unmanned Ground Vehicle Technology VI. 2004. V. 5422. Pp. 228-237.
2. Iwamoto T., Yamamoto H. Mechanical design of variable configuration tracked vehicle // Mechanical Design. 1990. V. 112. № 3. Pp. 289-294. DOI:10.1115/1.2912606.
3. Ben-Tzvi P. Hybrid Mobile Robot System: Interchanging Locomotion and Manipulation, 2010.
URL:https://dic.academic.ru/book.nsf/64784365/HYBRID+MOBILE+ROBOT+SYSTEMS?ysclid=ma6v3dk3ru428605176 (Дата обращения 01.04.2025).

УДК 004.738.5:004.78:004.382.2

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ IoT

Каблан Хая
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Центр дополнительного образования
haiakabalan3@gmail.com
Научные руководители: Жамалетдинов Р.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
zhamaletdinov@bmstu.ru;
Черкашина Е.Л., доцент, к.ф.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
cherkashinael@bmstu.ru

Интернет вещей принес инновационные и умные решения для мониторинга, поскольку безопасность является важным элементом в жизни современного человека. В исследовании использованы Интернет вещей и технологии распознавания лиц для мониторинга дома с помощью мобильного телефона.

Цель работы - оценить эффективность веб-сервисов путем проектирования интеллектуальной системы мониторинга на базе Интернета вещей.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- улучшить дизайн системы в приложениях IoT;
- предоставить доступ к веб-серверу (запрос на извлечение данных, хранящихся на сервере, через веб-браузер, используя услуги Web-API.);
- создать веб-платформу, интуитивно понятный и простой в использовании веб-интерфейс пользователя с использованием машинного обучения.

В работе использовались Хаар-каскадный алгоритм и локальные бинарные шаблоны гистограмм алгоритм. Далее результат сохранялся на сервере. Платформы программировались с использованием фреймворка Django и внешнего интерфейса с помощью HTML, CSS, который возвращает результаты с помощью веб-сервисов API веб-сервисов (SOAP, REST) с использованием кода Visual Studio и оценки производительности с помощью инструмента Jmeter.

Для потоковой передачи видео был использован Raspberry Pi, датчик движения и камеру.

Исследование было сосредоточено на веб-платформах, поскольку веб считается частью уровня представления, который является видимой и осязаемой частью системы IoT, к которой могут получить доступ пользователи. Здесь обработанные данные передаются в пользовательские интерфейсы. Веб-платформы включают API веб-сервисы и доставляют информацию уровня восприятия, которая была обработана на платформе, конечному пользователю (браузеру или мобильному приложению) через RESTful API и SOAP API, поскольку это две наиболее распространенные веб-технологии [1 - 3].

Признаки Хаара состоят из смежных прямоугольных областей. Для каждой области получается одно значение путем вычитания суммы пикселей под белым прямоугольником из суммы пикселей под черным прямоугольником. Большое значение функции означает, что она актуальна.

Локальные бинарные шаблоны алгоритма построения гистограмм работают следующим образом:

- происходит разделение изображения на небольшие части;
- для каждого блока рассчитывается токен LBP;
- форма гистограммы объединяет все коды в единый «цифровой отпечаток» человека;
- шаблон сравнивается с базой данных и выводится результат распознавания.

Дальнейшая работа в этой области будет связана с решением вопросов повышения безопасности платформы.

Список литературы

1. Cavalieri S., Cantali G., Susinna A. Integration of IoT Technologies into the Smart Grid. URL: https://www.researchgate.net/publication/359929504_Integration_of_IoT_Technologies_into_the_Smart_Grid (Дата обращения 12.02.2025).
2. Pan L., Xu M., Xi L., Hao,Y. Research of Livestock Farming IoT System Based on RESTful Web Services / 5th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT) (Changchun, 10-11 December, 2016). Pp. 113-116. DOI: 10.1109/iccsnt.2016.8070130.
3. Guinard D., Ion L., Mayer S. In Search of an Internet of Things Service Architecture: REST or WS-*? A Developers' Perspective. URL: https://download.hrz.tu-darmstadt.de/pub/FB20/Dekanat/Publikationen/TK/vasilomanolakis15surveyIoT.pdf (Дата обращения 11.01.2023).

УДК 51-72

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕТЕРОГЕННОЙ ОБЪЕМНО-ЦЕНТРИРОВАННОЙ КУБИЧЕСКОЙ РЕШЁТКИ

Пань Цань
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Центр дополнительного образования
2798009603@qq.com
Научные руководители: Жамалетдинов Р.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
zhamaletdinov@bmstu.ru;
Иванилова И.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
ivivanilova@bmstu.ru

Современные требования к снижению массы конструкций в аэрокосмической, автомобильной и биомедицинской отраслях стимулируют разработку лёгких и высокопрочных материалов [1]. Для расширения пространства проектирования облегчённых конструкций и получения структур с улучшенными механическими характеристиками, в данной работе предложен метод оптимизации, направленный на совершенствование решётки и моделирование структур.

Цель исследования — найти метод многоуровневой топологической оптимизации гетерогенной объемно-центрированной кубической решётки со смещённым центром и Z-направленным армированием.

Для решения этой цели были поставлены следующие задачи:

1) геометрическое моделирование и анализ [2];
2) многоуровневая оптимизация;

3) расчётное моделирование;
4) аддитивное производство и испытания;

На этапе геометрического моделирования создана база данных геометрических конфигураций. Для расчёта эквивалентных механических свойств применён метод многоуровневой оптимизации. Построена аппроксимирующая функция, которая точно показывает связь между матрицами коэффициентов упругости и пятью проектными параметрами. В расчётном моделировании оптимизацию двух типовых балок вычислили с помощью MATLAB. Результаты численного моделирования показали, что максимальная жёсткость трёхточечной балки после оптимизации увеличилась на 57%, а максимальная жёсткость консольной балки увеличилась на 55%, по сравнению с равномерной конструкцией.

Оптимизированные конструкции были напечатаны методом аддитивного производства с использованием фотополимерной смолы. Квазистатические испытания показали увеличение жёсткости напечатанных образцов после оптимизации на 108% и 109% соответственно.

В данном исследовании предложен метод многоуровневой топологической оптимизации. Данный метод успешно применён для двух типовых конструкций. Результаты экспериментов подтвердили эффективность данного метода оптимизации. Это важный шаг для создания лёгких и прочных деталей в авиации и машиностроении.

Список литературы

1. Qiu H., Feng Y., Hong Z. et al. Lightweight multi-layer graded pyramid folded structure based on tucked kirigami for green manufacturing // Composites Science and Technology. 2024. DOI: 10.1016/j.compscitech.2023.110383.
2. Evans A.G., Hutchinson J.W., Fleck N.A. et al. The topological design of multifunctional cellular metals // Progress in materials science. 2001. № 46 (3), Pp. 309-327.

УДК 532

АППРОКСИМАЦИЯ ЧИСЛА П С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОЖЕСТВА МАНДЕЛЬБРОТА

Домингес Рамирес Херардо
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Центр дополнительного образования
gerardo.domra@gmail.com
Научный руководитель: Насруллаев И.Н., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
nasrullaev@bmstu.ru

Множество Мандельброта занимает центральное место в современной математике благодаря своей интригующей фрактальной структуре и визуальной сложности, порождаемой простым итерационным правилом. Данная работа обусловлена уникальной возможностью демонстрации глубоких и неочевидных связей между фрактальной геометрией и теорией чисел через обнаружение присутствия фундаментальной математической константы, числа π, в структуре этого множества. Множество Мандельброта определяется как совокупность всех комплексных чисел c, для которых итерационная последовательность $z_{n+1} = z_n^2 + c$, начинающаяся с $z_0 = 0$, остается ограниченной. Граница $z_n \leq 2$ часто используется как критерий принадлежности точки с множеству [1]. Визуализация этого множества на комплексной плоскости раскрывает его удивительную фрактальную структуру.

Изучение и представление таких связей не только обогащает теоретическое понимание математических закономерностей, но и служит мощным педагогическим инструментом для повышения интереса к математике, делая абстрактные понятия более наглядными и увлекательными.

Одной из наиболее поразительных находок, касающихся множества Мандельброта, является его связь с числом π, проявляющаяся вблизи так называемого «острия» — точки $c = \frac{1}{4}$ на вещественной оси. При рассмотрении точек $c = \frac{1}{4} + \varepsilon$, где ε — малое положительное число, количество итераций $N(\varepsilon)$, необходимое для того, чтобы модуль z_n превысил 2 (скорость удаления из множества), связано с π следующим предельным соотношением: $\lim_{\varepsilon \to 0^+} N(\varepsilon)\sqrt{\varepsilon} = \pi$. Это означает, что по мере приближения ε к нулю, произведение числа итераций на квадратный корень из ε стремится к числу π [2].

Математическое обоснование этой связи может быть получено путем аппроксимации дискретного итерационного процесса дифференциальным уравнением [3]. Анализ поведения решения этого дифференциального уравнения в пределе малых є позволяет строго показать, что $\lim_{\varepsilon \to 0^+} N(\varepsilon)\sqrt{\varepsilon} = \pi$.

Для малых $\varepsilon > 0$ число итераций $N(\varepsilon)$, за которые орбита нуля при отображении: $z_{n+1} = z_n^2 + \frac{1}{4} + \varepsilon, \;\; z_0 = 0$

Аппроксимация дифференциальным уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 + \varepsilon, \;\; x(0) = 0 \tag{1}$$

Решение:

$$x(t) = \frac{1}{2} + \sqrt{\varepsilon} \cdot \mathrm{tg}\left(\sqrt{\varepsilon} \cdot t\right) \tag{2}$$

Скорость удаления (когда $x(t) \to \infty$):

$$\lim_{\varepsilon \to 0^+} N(\varepsilon)\sqrt{\varepsilon} = \pi \tag{3}$$

Проведенное исследование подтверждает существование глубокой связи между множеством Мандельброта и числом π, проявляющейся через анализ скорости удаления точек вблизи острия множества. Этот феномен служит прекрасной иллюстрацией единства математики и предоставляет ценный образовательный материал, способствующий более глубокому пониманию комплексных чисел, итерационных процессов и фрактальной геометрии.

Список литературы

1. Boll D. The Mandelbrot set of z↦z^2+λ // Mathematics Magazine. 1991. № 64 (1). Pp. 3-16.
2. Klebanoff A. π in the Mandelbrot set // Fractals. 2001. № 9 (04). Pp. 393-402.
3. Stewart I. Pi in the Mandelbrot set // Mathematics Today. 2001. № 37(6). Pp. 170-173.

УДК 532

УПРАВЛЕНИЕ ОТРЫВОМ ПОТОКА ЗА ЦИЛИНДРОМ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМЕННЫХ АКТУАТОРОВ

Чжан Чжэнъюй
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Центр дополнительного образования
Sino72943816@163.com
Научный руководитель: Насруллаев И.Н., к.ф.-м.н. доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лингвистика»
nasrullaev@bmstu.ru

Кажущееся простым течение вокруг цилиндра содержит сложные механизмы течения. Как классическая проблема нестационарного разделения потока, управление разделительным слоем течения вокруг цилиндра всегда было классической темой в механике жидкости. Более века инженеры и ученые проводили множество экспериментов для изучения устойчивого

двумерного ламинарного течения вокруг неподвижного цилиндра с помощью устойчивого метода конечных элементов. Анализируя закономерности течения вокруг цилиндров при разных числах Рейнольдса и сравнивая различные основные методы управления потоком, обнаружили, что плазменный актуатор с разрядом через одно диэлектрический барьерный разряд (ОДБР) является новым методом, разделением потока и образованием цилиндрических переходных вихрей в поперечном потоке можно управлять очень эффективно [1].

Чтобы лучше объяснить переходные характеристики разделительного слоя вокруг цилиндра, правила формирования вихревой дорожки Кармана и ингибирующее действие ОДБР на него, использовалось программное обеспечение FLUENT для моделирования течения вокруг цилиндра. Затем с помощью метода контрольной переменной было выбрано фиксированное число Рейнольдса. С помощью моделирования с включенным плазменным актуатором получено отображение, усредненное по времени поле течения и мгновенное поле течения в цилиндрической области следа. Чтобы отразить тормозящее действие ОДБР на шунтирующий слой и блокирующий эффект вихревой дорожки, использовался метод БПФ (быстрого преобразования Фурье) для анализа зарегистрированного коэффициента подъемной силы над цилиндрической поверхностью. Получена частота срыва вихрей и ее число Струхаля с учетом погрешностей. В конце работы были сделаны выводы по моделированию управления отрывом потока за цилиндром с помощью плазменных актуаторов, рассмотрены преимущества и недостатки этого метода, а также изложены перспективы применения ОДБР.

Список литературы

1. Thomas F., Kozlov A.A., Corke T.T. Plasma actuators for bluff body flow control. URL: https://www.sci-hub.ru/10.2514/6.2006-2845 (Дата обращения 12.04.2025).

РАЗДЕЛ «МЫТИЩИНСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»

СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

УДК 637.33

МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА МЯГКОГО СЫРА С ФИКСИРОВАННЫМ ВЕСОМ ИЗ СЫРНОГО ЗЕРНА

Андреев С.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
andreev.sergey2002@gmail.com
Научный руководитель: Белый А.В., к.т.н., доцент,
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В работе приводится описание метода производства мягкого сыра с фиксированным весом из сырного зерна. Инновационность данного метода заключается в снижении относительного отклонения массы нетто за счёт кантования столба сыра и его дальнейшей нарезки на порционные головки с фиксированным весом, вместо кантования каждой головки по отдельности. За счёт нарезки столба сыра на головки появляется возможность контроля их объёма, что позволяет получать одинаковую массу нетто каждой производимой головки сыра при различных показателях их плотности.

Сырьём для производства мягкого сыра является сырное зеро. На первом этапе оно вместе с сывороткой при температуре от 85 °С подаётся в распределитель сырного зерна, где с помощью скребка зерно загружается в блокформу. Блокформа состоит из четырёх рядов колб, по пять штук в каждом. Под действием собственной массы и температуры сырное зерно склеивается, вытесняя излишки сыворотки и образуя сырные столбы в колбах блокформы.

На втором этапе из распределителя сырного зерна блокформа попадает в первый блок кантования, в котором происходит переворот блокформы в вертикальной плоскости на π рад с целью придания верхним основаниям столбов сыра плоской формы. С блока кантования блокформа поступает на первый накопительный конвейер, где происходит самопрессование сыра под действием собственной массы за счёт потери им влажности. Через t минут, где t – половина времени самопрессования сыра в минутах, которое определяется в зависимости от необходимой плотности конечного продукта, блокформа поступает во второй блок кантования, в котором происходит поворот блокформы в вертикальной плоскости на π рад с целью равномерного самоспрессовывания сыра. С блока кантования блокформа поступает на второй накопительный конвейер, где продолжается процесс самопрессования сыра. Через t минут блокформа поступает в третий блок кантования, в котором происходит поворот блокформы в вертикальной плоскости на π рад с целью получения равномерной плотности головок сыра после нарезки. С блока кантования блокформа поступает на третий накопительный конвейер, на котором оператор снимает с неё верхнюю крышку, после чего блокформа попадает в узел нарезки сыра.

На третьем этапе столбы сыра рядами выгружаются из блокформы в механизм узла нарезки сыра, где каждый столб нарезается на 10 головок массой 300 г. Первый рез происходит на высоте в 35 мм, рассчитанной для оптимальной плотности сырного столба, после чего головки падают на конвейер с чеквейером, измеряющим их массу. За счёт известных массы и объёма головок специальная программа рассчитывает реальную плотность сырных столбов и корректирует высоту следующих резов за счёт регулирования расстояния между ножом и упором, предотвращающим несвоевременное выпадение сыра из механизма нарезки. После нарезки головки сыра падают на конвейер, с которого они подаются в солильный бассейн.

На четвёртом этапе головки по течению, создаваемому постоянной циркуляцией солильного раствора, плывут по солильному бассейну речного типа. В ходе этого происходит

два физико-химических процесса: диффузия соли в сыр и осмотический перенос сыворотки из сыра в рассол. Первый осуществляется за счет разности концентраций хлорида натрия, а второй за счет разницы осмотических давлений в рассоле и сырной массе [1]. Масса, приобретаемая головкой сыра в ходе посолки ничтожна, а, следовательно, не отображается на массе конечного продукта. После прохождения солильного бассейна головки попадают в блок воздушной обсушки сыра, в котором за счёт направленных потоков воздуха удаляются излишки солильного раствора, оставшиеся на головках. Из блока обсушки через конвейер головки попадают на накопительный стол, откуда в дальнейшем идут на упаковку.

За счёт внедрения описанного метода производства мягкого сыра с фиксированным весом из сырного зерна удалось добиться снижения среднего относительного отклонения массы нетто головки сыра до менее чем 1,5 %, в отличие от производств, использующих другие методы, с данным показателем в 7–12,5 %. Показатели среднего относительного отклонения массы нетто головки сыра производств, использующих другие методы, были вычислены по результатом контрольной закупки.

Список литературы

1. Лекция 11. Тема 1.4. Формование, прессование и посолка сыра : Презентация. / Ст-ца Вознесенская, ГБПОУ КК ВТПП. URL: https://vtpp-spo.ru/downloads/files/lektsiya11formovaniepresovanieiposolka2.pdf (Дата обращения 18.06.2024).

УДК 004.94

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Козлов К.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
kozlovkirill02@mail.ru
Научный руководитель: Батырев Ю.П., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Модальный анализ – подраздел виброакустических испытаний. Это метод исследования динамических характеристик системы или объекта, определение резонансных частот и форм собственных колебаний (мод), используемый во множестве отраслевых производств: космонавтика, самолетостроение, судостроение, мостостроение и пр. В общем случае, решением модального анализа является решение дифференциального уравнения [1, 2]:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F(t)\}, \quad (1)$$

где M – матрица масс; C – матрица демпфирования; K – матрица жесткости; $\ddot{x}, \dot{x}, x$ – ускорение, скорость, перемещение; F – вектор внешней силы; t – время.

Основной задачей проекта является разработка и представление отечественного комплексного аппаратно-программного инструмента для проведения модального анализа.

На базе предприятия космической отрасли ООО «НПП «МЕРА» создана система, позволяющая: произвести расчет математической модели, спроектированной CAD-системой, программным обеспечением ANSYS, MATLAB Simulink, ПО НПП МЕРА; получить экспериментальные данные с динамически подобной модели; верифицировать испытываемый объект с его цифровым двойником.

Решение математической составляющей состоит их двух этапов.

На этапе предварительного анализа выполнено конечно-элементное моделирование конструкции в среде ANSYS Mechanical для определения собственных частот колебаний и форм мод. Результаты моделирования позволили оптимизировать расположение точек крепления объекта к вибростенду с использованием упругих элементов (пружин),

обеспечивающих заданные граничные условия. На основании данных МКЭ проведен частотный анализ элементов самолета с построением амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) в диапазоне 0–800 Гц.

В качестве альтернативы МКЭ реализована модель системы с сосредоточенными массами в Simulink Multibody. Метод основан на дискретизации конструкции в виде системы масс, пружин и демпферов, что обеспечило оценку резонансных режимов.

Физический подход к решению модального анализа заключается в регистрации откликов возбужденной колебательной системы.

Изготовленный макет летательного аппарата смонтирован в точках наименьшей деформации фюзеляжа на каркас стенда с использованием пружинных подвесов. Произведена установка вибрационных и тензодатчиков в местах наибольших деформаций, которые были математически определенны на прошлых этапах с учетом добавочных масс.

Для возбуждения колебаний конструкции применено два метода: 1 – ударное воздействие, обеспечивающее широкополосный спектр сигнала на очень короткий период времени; 2 – использование «чирп»-сигнала с целью длительного наполнения конструкции энергией.

Экспериментальные данные, полученные со стенда, обработаны в среде программирования MATLAB и плагина System Identification Toolbox, позволили достичь совпадения в 95 % синтезированной амплитудно-частотной характеристики с полученным откликом колебательной системы.

Интеграция разработанного ПО НПП МЕРА позволило наблюдать отклик системы в режиме реального времени и объединить все компоненты в единую систему, благодаря своему функционалу экспорта файлов в форматы для чтения ANSYS и MATLAB, что позволяет инженеру производить анализ при помощи различных математических инструментов.

Список литературы

1. Шахматов Е.В. Комплексное решение проблем динамики и виброакустики машин // Journal of Dynamics and Vibroacoustics. 2014. Т. 1. № 2. DOI: https://doi.org/10.18287/2409-4579-2014-1-2-4-12.

2. Heylen W., Lammens S., Sas P. Modal analysis theory and testing. Belgium: Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Division of Production Engineering, Machine Design and Automation, 2008. 321 p.

УДК 636.082.474

ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНКУБАТОРОВ ПТИЧНИКОВ

Садеков Р.У., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
rustamsadekov54127@gmail.com
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В данной статье рассматривается инженерный подход к автоматизации производства инкубаторов [1] в электрощитовом оборудовании. Эта область является основой работы любого объекта. Инкубаторы — это специализированное помещение закрытого типа, предназначенное для инкубации яиц сельскохозяйственной птицы и укомплектованное специальным основным и вспомогательным оборудованием.

Рассмотрены основные поддерживаемые параметры и функции инкубатора:

1. Температура: оптимальной температурой является диапазон от 37 до 38 °C. Именно при такой температуре зародыш начинает своё развитие. Шкафные инкубаторы

оснащены трубчатыми электронагревателями (ТЭН) для нагрева воздуха и вентиляторами для его циркуляции и равномерного распределения.

2. Влажность: требуемая влажность достигается за счёт испарения воды. Оптимальная относительная влажность в нем должна поддерживаться в пределах 50 - 60% в инкубационном и 85 - 90% в выводном шкафах [2].

3. Проветривание: играет важную роль в поддержании эмбриона. Так, если 500 инкубируемым куриным яйцам на 16-й день инкубации требуется всего лишь 1,3 $м^3$ свежего воздуха в сутки, то в период вывода им необходимо 4 $м^3$ воздуха в сутки.

4. Проворачивание яиц: оно осуществляется во избежание приклеивания эмбрионов к скорлупе. Современные инкубаторы оснащены механизмами, в данном случае двумя актуаторами, делающими это с особой периодичностью — поворот осуществляется 24 раза в сутки на 90° в разные стороны.

5. Охлаждение: для удаления излишков физиологического тепла, во избежание перегрева и для стимуляции обменных процессов в организме, в период инкубации яйца нуждаются в периодическом охлаждении. Это осуществляется с помощью клапана охлаждения.

Описаны исполнительные механизмы [3], применяемые в инкубаторах:

1. ТЭНы: регулируют температуру воздуха. Они автоматически включаются при пониженной на 1°С температуре и выключаются при достижении оптимальной.

2. Клапан увлажнения: контролирует уровень влажности воздуха. Когда влажность падает, клапан открывается, позволяя воздуху попасть в инкубатор. Вода поднимается и проходит через фильтр. Затем вода попадает на испаритель, превращаясь в пар. Пар распространяется по помещению, обеспечивая комфорт. Как только влажность достигает нужного уровня, клапан закрывается, останавливая подачу воды. Так увлажнитель поддерживает комфорт в помещении.

3. Клапан охлаждения: его принцип работы аналогичен клапану увлажнения, разница заключается лишь в форме корпуса: у клапана охлаждения вход и выход расположены под углом 180°, а у клапана увлажнения - 90°.

4. Актуаторы: в инкубаторах поворот лотков с яйцами осуществляется, как правило, автоматически. Проворачиваются все лотки одновременно относительно горизонтали через заданное время. Поворотный механизм рассчитан на поворот лотков относительно первоначальной плоскости под углом 45° влево или вправо от оси. Делать переворот лучше всего во время проветривания. Проводить все манипуляции нужно максимально быстро, чтобы избежать переохлаждения.

Принцип работы исполнительных механизмов инкубаторах: когда электрический ток подаётся на контакты происходит поступление в токопроводящую спираль с высоким электрическим сопротивлением. Нить ТЭНа накаляется с выделением большого количества тепла. Охлаждение и увлажнение: когда на катушку подается напряжение, магнитный сердечник втягивается внутрь соленоида и открывает клапан. Включаются в случае перегрева. Тем самым происходит охлаждение внутри инкубатора. Для поворота яиц в лотках используются актуаторы, подключенные к электродвигателю. Электродвигатель создаёт вращательное движение, которое передаётся на вал. Вал, в свою очередь, активирует винтовой механизм или рельсовую систему. В случае винтового механизма, вращение винта заставляет винтовую гайку двигаться вдоль винта, обеспечивая линейное перемещение.

Список литературы

1. Зипер. А.Ф. Инкубаторы / Худож. Н.Н. Колесниченко. М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк: «Сталкер», 2003. 110 с.

2. Маскаев Д.А., Болдин М.С., Гумилев П.В. Разработка системы управления и контроля микроклимата на основе микроконтроллера // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов

института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ (Москва, 02–06 марта 2020 года). Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2020. С. 13-16.
3. Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 25 ноября 2019 года). Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2019. С. 424-427.

СЕЦИЯ «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

УДК 681.51

СИСТЕМА ОРОШЕНИЯ РАСТЕНИЙ С ДИСТАНЦИОННЫМ КОНТРОЛЕМ И УПРАВЛЕНИЕМ

Балабушка Д.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
dima28.01@yandex.ru
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Цель работы – создание автоматизированного орошения участка по заданному графику с удаленным и ручным управлением [1].

Анализ конкурентов выявил, что у большинства аналогов отсутствует удаленное управление, они не имеют возможности устанавливать таймер полива на каждый день [2]. Кроме этого, отсутствует возможность отслеживания объема воды, расходуемой на орошение растений.

Для создания системы применяются следующие основные компоненты и электронные модули [3]: микроконтроллер ESP; микроконтроллер Atmel Mega 328; GSM-модуль SIM 800 L; расходомер YF-S20; водяной насос на 12В – 1 шт.; LCD-дисплей; тактовые кнопки – 1 комплект; модуль часов реального времени.

Первый способ управления системой – удаленное управление по сети Интернет с использованием Telegram–бота. Любой человек, который имеет доступ к этому боту, может выбрать время и день недели для начала полива. Также может контролировать состояние системы и количество расходуемой воды.

Второй способ управления – управление с использованием сети GSM. Система проверяет, поступил ли звонок на GSM-модуль. Если система получила звонок, то через реле коммутируется команда включения насоса для полива. Далее система ожидает повторного звонка для отключения насоса. Если звонок поступил, то она переключает реле и насос перестает работать.

Есть еще и третий способ полива – ручной, с помощью кнопок. Пользователь выставляет на дисплее время, в которое начнется полив. При достижении этого времени подается сигнал на реле и включает насос. Пользователю приходит SMS на телефон с информацией о том, что полив начался. После окончания полива, система отключает насос, приходит SMS о то, что полив закончился. На LCD-дисплее можно увидеть количество израсходованной во время полива воды.

В процессе работы собран макет системы, отработаны схемотехнические и программные решения.

Список литературы

1. Поленов Д.Ю. Телеметрическая система контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2020. № 2(54). С. 58-65.
2. Балабушка Д.С., Поленов Д.Ю. Система орошения растений с возможностью контроля и управления по сети GSM // Студенческая научная весна: сборник тезисов докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова (Москва, 01–30 апреля 2023 года). Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2023. С. 326-327.
3. Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 25 ноября 2019 г.) Москва:

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. С. 424-427.

УДК 629.7.058.76

ПРОТОТИП ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Гусев С.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
chiyatopochta@gmail.com
Игнатьева В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
ignatyevavictoria@gmail.com
Поваров А.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
aspas_04@mail.ru
Хамидуллин А.Э., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
koticbtapke@gmail.com
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н.,
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Телеметрические системы (ТС) – совокупность устройств, обеспечивающих формирование телеметрических сигналов, передачу их по каналу связи, прием и формирование оценок передаваемых сообщений. ТС используется для измерения различных параметров и характеристик удаленных объектов. Она позволяет собирать информацию о температуре, влажности, давлении, скорости движения и других физических величинах. Как правило, в состав телеметрических систем входят: датчики, установленные на объекте, блок сбора телеметрических данных, передатчик и приемно-регистрирующая аппаратура [1–3].

Разрабатываемый прототип ТС летательного аппарата (ЛА) состоит из двух основных частей: блока сбора телеметрии (БСТ) и блока приема данных (БПД) с устройством программной визуализации входящего сигнала (ПВ).

К БСТ подключено два датчика: акселерометр и датчик температуры и влажности.

В состав каждого из блоков входит:

1) микроконтроллер на базе платформы Arduino;

2) преобразователь напряжения DC-DC LM2596S-ADJ 3-40B;

3) модуль SX1278 LoRa Ra-02 для беспроводной передачи данных;

4) комплект светодиодов для индикации, токоограничивающих резисторов, соединительных разъемов.

Технические характеристики используемых измерителей:

– трехосный акселерометр LIS3DSH: от – 2 до 2 ± $150 \cdot 10^{-6}$ $[g]$ для абсолютного ускорения для каждой оси;

– датчик температуры и влажности DHT11: от 0 до + 50±2 [ºС] для температуры и от 20 до 95 ± 5 [%] для относительной влажности.

Принцип работы построенной системы: показатели окружающей среды и положения объекта в пространстве передаются по проводному каналу связи на БСТ. Обрабатываются там и формируют измерительный телеметрический пакет данных. Данный пакет поступает на модуль беспроводной связи и отправляется на БПД по радиоканалу на частоте 433 МГц.

Полученный БПД пакет данных поступает на ПВ. Он представляет собой ПК с разработанным на языке C# в среде Visual Studio приложением Windows. Данное приложение визуализирует показания с датчиков объекта в виде графиков.

Корпусы всех блоков и датчиков выполнены путем 2d-проектирования и изготовления из фанеры на лазерном станке с ЧПУ.

Список литературы

1. Мороз А.П., Поленов Д.Ю. Обоснование перспективных направлений повышения эффективности передачи телеметрической информации с ракет-носителей // Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 14–15 декабря 2016 г.). Т. 1. Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Арт-Экспресс», 2016. С. 73-80.
2. Поленов Д.Ю. Телеметрическая система контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2020. № 2(54). С. 58-65.
3. Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 25 ноября 2019 г.). Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. С. 424-427.

УДК 681.2.083

МОСТОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ РАДИАЛЬНЫХ ЗАЗОРОВ

Котарев Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
d.kotarev@nppmera.ru
Научный руководитель: Тарасенко П.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В связи с потребностью в разработке нового поколения авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) с конкурентоспособными техническими характеристиками, представляется неотъемлемо важным обеспечение применения современных промышленных средств измерения. Одним из основных факторов, воздействующих на повышение эффективности авиационного ГТД, помимо увеличения температуры газов перед турбиной, является использование комплекса инженерных и технологических решений, направленных на минимизацию радиальных зазоров (РЗ). Исследования показывают, что увеличение РЗ на торцах рабочих лопаток (РЛ) на 1 % приводит к снижению КПД турбины на 1–2 %, что, в свою очередь, приводит к увеличению удельного расхода топлива на 1,5–2 %. Аналогичное изменение РЗ в компрессоре вызывает повышение удельного расхода топлива на 1,5–3 %. Система измерения радиальных зазоров (СИРЗ) является неотъемлемой составляющей комплексных систем диагностики современных и перспективных ГТД. Исследование изменения радиальных зазоров на этапе проектирования и настройки ГТД необходимо для:

- оценки взаимодействия рабочих лопаток и статорных узлов ГТД в стационарных и динамических режимах работы;
- уточнения теоретических исследований и математических моделей силовой установки;
- разработки мероприятий по улучшению параметров существующих и получению расчетных данных для перспективных ГТД [1].

В качестве нормализатора сигналов была выбрана схема частотно-независимого ёмкостного моста Де Соти. Путем изменения амплитуды выходного сигнала и наблюдения его

значения на детекторе можно определить равенство неизвестной и эталонной ёмкостей. При равенстве ёмкостей выходной сигнал будет минимальным или нулевым.

Для подтверждения применимости метода измерения ёмкостным мостом и оценки сходимости расчётных и практических данных, был собран экспериментальный стенд.

В качестве источника напряжения постоянного тока был выбран калибратор универсальный Н4-7 – прецизионный прибор, предназначенный для поверки, калибровки и исследований широкой номенклатуры приборов и устройств в составе автоматизированных систем. Параметры питания датчика – 1В, СКЗ; частота – 1кГц [2].

В качестве регистратора использовался измерительный модуль МХ-224 в составе ИВК PXI MIC-355M разработки НПП «Мера». Модуль представляет собой многоканальное устройство, предназначенное для преобразования аналоговых сигналов электрического напряжения на входах каналов в цифровые данные. Преобразование входных сигналов осуществляется синхронно по всем каналам модуля посредством индивидуальных АЦП [3].

Использование триаксиального кабеля позволило эффективно устранить паразитную емкость между электродом и защитным кожухом, которая может находиться в диапазоне нанофарад, тогда как измеренная емкость находится в диапазоне фемтофарад. Это соответствует коэффициенту погашения примерно в 1000000. Паразитная ёмкость кабеля компенсируется, поскольку между защитным экраном и электродом нет разности напряжений, независимо от напряжения электрода относительно земли.

Управление модулем, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществлялось средствами программы МЕРА Recorder.

Результаты измерений показали хорошую повторяемость. Можно сказать, что различия между циклами измерений были обусловлены погрешностями компонентов электрической схемы. Мостовой метод измерения ёмкости – эффективный способ определения радиального зазора. Исследование подтвердило, что ёмкостной измерительный мост с компенсацией ёмкости кабеля может быть использован для проведения таких измерений.

Список литературы

1. Минеев А.В., Ясовеев В.Х., Анализ средств измерения радиальных зазоров по аспекту метрологического обеспечения // САПР и моделирование в современной электронике: материалы II Международный научно-технической конференции – Брянск, 2018. С. 183 – 189. DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e60a8d2040.11682040.
2. Калибратор универсальный Н4-7 (Н4-7/1). Руководство по эксплуатации. Часть 1. URL: http://www.td-str.ru/file.aspx?id=27805. (Дата обращения 05.05.2025).
3. Комплексы измерительные MIC-PXI. Руководство по эксплуатации. Версия 1.5. Мытищи: ООО Научно-производственное предприятие «МЕРА», 2016. URL: http://nppmera.ru/assets/files/documentation/RE_MIC-PXI_v1.5_sm.pdf. (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 628.1

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПРОТЕЧЕК ВОДЫ

Макаров В.А., студент
Vladalmak@gmail.com
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Для многоквартирного жилого фонда настоящей проблемой являются протечки воды. Ущерб возникает не только у владельца вышедшего из строя оборудования, но и у соседей. В коммерческой недвижимости затопление может носить локальный характер, но в любом случае, и для жилых и для нежилых помещений требуются значительные финансовые,

временные и трудовые затраты на восстановительные работы. Для предотвращения подобных случаев сегодня существуют высокотехнологичные системы защиты от протечек воды российского и зарубежного производства [1].

Цель данной работы – создание и проектирование системы защиты от протечек воды.

1. Проведён сравнительный анализ систем защиты от протечек на территории Российской Федерации и за рубежом.

2. Проведен анализ и сравнение аналогов используемых технических изделий с представлением кратких выводов (краны, датчики).

3. Разработаны и представлены принципиальные схемы системы, содержащие данные о структурных, функциональных и принципиальных отличиях работы устройств [2].

4. Приведена общая схема взаимодействия элементов.

5. Представлено описание функциональных особенностей систем.

По результатам проведенного анализа был выявлено, что наиболее подходящей системой для создания защиты от протечек воды является система от компании «Гидроресурс». Проведен анализ комплектности системы, ее функционала, совместимости с системами, с применением технологии «Умный дом», целесообразность установки в жилых и нежилых помещениях [2,3].

На основе анализа оборудования компании «Гидроресурс» были разработаны три принципиальные и три общие схемы систем защиты от протечек с различной степенью надёжности:

1) Система малой надёжности, ее состав:
   - автоматический шаровой кран с электроприводом WINNER BONOMI – 2 шт.;
   - проводной датчик протечки WSP – 2 шт.

2) Система средней надёжности, ее состав:
   - автоматизированный шаровой кран с электроприводом и встроенным блоком связи Wi-Fi и Tuya ШЭП WINNER ZIGBEE TUYA ENOLGAS – 2 шт.;
   - проводной датчик протечки WSP – 2 шт.;
   - блок связи Wi-Fi и Tuya – 1 шт.

3) Система высокой надёжности, ее состав:
   - кран шаровой с электроприводом ULTIMATE 12V ENOLGAS – 2 шт.;
   - ультразвуковой датчик протечки WSR LONG – 1 шт.;
   - внешний блок управления для подключения к персональному компьютеру STANDARD RADIO RS-485 – 1 шт.

Список литературы

1. Ярошенко К.С. Управление шаровым краном с электроприводом системы отопления в индивидуальном тепловом пункте здания школы // Дни студенческой науки : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации (ИИЭСМ) НИУ МГСУ (Москва, 28 февраля – 04 марта 2022 г.) Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 41-45.

2. Басов А.С., Макаров М.В. Учебный стенд автоматизированного контроля водяного потока // Студенческая научная весна: сборник тезисов докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова (Москва, 01–30 апреля 2023 года) Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2023. С. 330-331.

3. Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019 : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 25 ноября 2019 года) Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. С. 424-427.

УДК681.527

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА ОВЕН

Николаев А.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
anton12_2003@mail.ru
Юленков Е.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
ximchik29@gmail.com
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Современные промышленные системы автоматизации предъявляют повышенные требования к компетенциям специалистов, включая навыки работы с интегрированными аппаратно-программными комплексами. В условиях стремительного развития технологий актуальной задачей становится создание учебных решений, позволяющих освоить принципы управления реальными процессами в контролируемой лабораторной среде.

В данной работе рассматривается разработка лабораторного стенда на базе операторской сенсорной панели ОВЕН СП310, интегрированной с программируемым логическим контроллером (ПЛК) ПЛК-100 и пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) регулятором ТРМ210. Данная конфигурация обеспечивает имитацию промышленного процесса управления, включающего регулирование параметров температуры, управление исполнительными устройствами (световыми модулями, электромеханическими клапанами) и визуализацию данных в режиме реального времени.

Лабораторный стенд представляет собой многофункциональную систему автоматизации, где каждое устройство выполняет конкретную задачу, взаимодействуя с другими компонентами. Сенсорная панель оператора ОВЕН служит центральным интерфейсом управления: через неё задают параметры работы системы, включают или отключают устройства, а также отслеживают текущие показатели в реальном времени. Панель связана с ПЛК и ПИД-регулятором, обмениваясь данными, передавая им команды и получая обратную связь.

SCADA-система на ПК оператора дублирует функции сенсорной панели, но добавляет возможности углублённого анализа. Здесь отображаются графики изменения температуры, статус кранов, активность датчика движения и режимы работы света. Оператор может настраивать уведомления, сохранять данные для отчётов или менять наблюдать за необходимыми параметрами [1].

ПЛК обрабатывает сигналы от датчика движения и команд с сенсорной панели [2, 3]. Когда датчик движения фиксирует активность, ПЛК отправляет сигнал на включение источника света, имитируя работу системы умного освещения. При этом свет можно активировать вручную через сенсорную панель оператора или SCADA-систему на ПК. Так же с ПЛК включается второй кран по команде оператора.

ПИД-регулятор отвечает за управление температурным контуром [2]. К нему подключены кран и датчик температуры, формирующие замкнутую систему регулирования. Первый кран управляется автоматически: ПИД-регулятор непрерывно сравнивает текущую температуру с заданным значением и корректирует положение крана, увеличивая или уменьшая поток воды.

Датчик движения и источник света образуют отдельный модуль управления светом. При обнаружении движения датчиком, ПЛК активирует свет, а при отсутствии активности – отключает его через заданный интервал. Оператор может комбинировать автоматику с ручным управлением светом.

Весь лабораторный стенд имитирует промышленные процессы, объединяя HMI, ПЛК, SCADA и ПИД-регуляторы. Работая со стендом, студенты получат наглядное представление, как разработанный ими программный код будут исполнять устройства, как создавать и управлять автоматизацией. Это формирует комплексное понимание современных систем управления.

Разработанный лабораторный стенд на базе сенсорной панели оператора ОВЕН СП310, интегрированной с ПЛК и ПИД-регулятором, демонстрирует эффективный подход к обучению современным технологиям промышленной автоматизации. Установка позволяет имитировать реальные производственные процессы, такие как управление исполнительными механизмами (светом, краном) и мониторинг температурных параметров, что формирует у студентов практические навыки работы с комплексными системами. Использование связки ПЛК и ПИД-регулятора обеспечивает глубокое понимание принципов автоматизированного управления, включая настройку регуляторов, программирование логики и визуализацию данных через HMI-интерфейс. Внедрение подобного стенда в образовательный процесс не только повышает качество подготовки специалистов, но и сокращает разрыв между теоретическими знаниями и требованиями современных производств, где критически важны умения работать с интеллектуальными системами управления.

Список литературы

1. Матвейкин В.Г., Фролов С.В., Шехтман М.Б. Применение SCADA-систем при автоматизации технологических процессов. М.: Машиностроение, 2000. 176 с.
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / Под ред. проф. В.П. Дьяконова . М.: СОЛОН Пресс, 2003. 256 с.
3. Ярошенко К. С. Приборная база систем управления энергопотреблением здания // Дни студенческой науки : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ (Москва, 02–06 марта 2020 г.) Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. С. 41-46.

УДК 654.16

ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНОСТИ РАДИОСВЯЗИ ТЕХНОЛОГИИ LORA

Попова В.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
veronikaperezz@mail.ru
Научный руководитель: Поленов Д.Ю., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Передача данных – это процесс обмена цифровой информацией между устройствами посредством каналов связи с использованием различных методов модуляции, кодирования и протоколов для обеспечения надежной, безопасной и эффективной коммуникации. Радиосвязь является частным случаем передачи данных, в котором в качестве среды распространения информации используются радиоволны, а сам процесс осуществляется посредством модуляции несущей частоты в соответствии с передаваемым цифровым сигналом. Актуальность исследований в области беспроводной передачи данных и радиосвязи определяется их фундаментальной ролью в современной цифровой инфраструктуре [1]. Эти технологии служат основой для функционирования важных систем в различных отраслях, обеспечивая надежную, безопасную и эффективную передачу информации в условиях постоянно растущих требований к скорости, задержкам и объёмам данных.

Известен ряд популярных и доступных видов радиосвязи с приемо-передающими модулями для ее реализации [2, 3]. Одним из вариантов передачи данных является LoRa (Long

Range) – технология беспроводной связи, разработанная для передачи данных на большие расстояния с низким энергопотреблением.

Среди ее технических характеристик выделяются:

– дальность связи: до 10–15 км в сельской местности и 2–5 км в городе (зависит от препятствий).

– низкое энергопотребление: при передаче данных 20–120 мА, при приеме 10-15 мА. Устройства на технологии LoRa могут работать от батареи годами.

– устойчивость к помехам: использует частотное расширение спектра, что делает сигнал устойчивым к шумам.

– скорость передачи данных 0,3–50 кбит/с.

– технология работает в не лицензируемых диапазонах частот: 433, 868, 915, и 923 МГц.

Указанные выше характеристики не дают точного представления о длине радиолинии с использованием антенн с невысоким коэффициентом dBi – мерой направленности и усиления антенны относительно изотропного излучателя (идеальной точечной антенны, излучающей равномерно во всех направлениях). Он показывает, насколько антенна усиливает сигнал в определённом направлении по сравнению с гипотетической изотропной антенной. Чем выше dBi, тем уже диаграмма направленности антенны (сигнал концентрируется в одном направлении, но ослабляется в других).

Поэтому было принято решение провести исследования передачи данных с использованием технологии Lora на базе созданного прототипа системы радиосвязи, включающего передатчик и приемник, с рядом антенн, обладающими разными коэффициентами dBi – от 2 до 5.

Созданный прототип системы радиосвязи включает следующие компоненты: платформу Arduino nano, модуль Lora 433 МГц, плату заряда-разряда аккумулятора, аккумулятор типа 18650, DC/DC преобразователь и антенну [3]. Приемник содержит аналогичные компоненты, а также и светодиод с токоограничивающим резистором – для отображения успешного приема сигнала с передатчика. Алгоритм работы системы: передатчик посылает сигналы «0» и «1» с частотой 0,5 Гц. Приемник принимает данные сигналы и отображает успешное получение их путем мигания подключенного светодиода.

Полученные результаты исследований радиосвязи с использованием технологии LoRa при изменении приемо-передающих антенн:

1) дальность радиосвязи с использованием антенны с 5 dBi – до 800 м;

2) дальность радиосвязи с использованием антенн (были использованы две антенны с разным конструктивным исполнением) с 3 dBi - от 180 до 190 м;

3) дальность радиосвязи с использованием антенны с 2 dBi – до 80 м.

Список литературы

1. Поленов Д.Ю. Определение основных средств построения и моделирования систем радиосвязи с использованием Matlab // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2016. Т. 19. № 2(70). С. 74-77.

2. Оголихин А.Д. Передача сигнала с использованием радиомодулей NRF24L01 в системах наружного освещения гражданских и промышленных зданий и сооружений / А. Д. Оголихин // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ (Москва, 01–05 марта 2021 г.) Москва: Издательство МИСИ-МГСУ, 2021. С. 55-60.

3. Поленов Д.Ю. Телеметрическая система контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2020. № 2(54). С. 58-65.

СЕКЦИЯ «МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

УДК 621.311.243:504.062.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ОТ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Беленко В.О., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
bvo5@bk.ru
Дегтярев М.Д., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
maximdeg@bk.ru
Сафронов В.Ю., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
neovita05@gmail.com
Чистопольский Г.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
chistolskiyOO@gmail.com
Научный руководитель: Чернышов А.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Использование неограниченных природных ресурсов позволяет обеспечить автономность работы измерительных приборов. Солнечный свет является хорошим источником электроэнергии, с помощью которого можно непрерывно питать системы, находящиеся вне помещений [1,2].

Имеется метеостанция, которая находится на открытом воздухе и собирает информацию о погодных условиях. Метеостанция должна работать круглосуточно, стабильно, ночью во время отсутствия солнца. В качестве источника электроэнергии предполагается использование солнечной панели, выдающей в солнечную погоду до 20 В и до 1А для зарядки батареи LiFeP04, которая непрерывно питает метеостанцию и прочую нагрузку. Напряжение полного заряда батареи – 7.3В.

Этапы работы:

1) выбор необходимых компонентов схемы и построение схемы;
2) определение требований к установке для заряда батареи;
3) замеры показаний;
4) анализ промежуточных результатов.

Помимо солнечной панели и батареи также использовались: датчик тока INA219 для замера силы тока и напряжения в цепи, модуль ESP8266 NodeMCU для передачи этих данных по wi-fi, плата MPPT для нахождения точки максимальной мощности для заряда батареи.

Для проверки способности зарядки батареи необходимо иметь данные с датчиков о значениях тока и напряжения. Для подзарядки батареи необходимо, чтобы на выходе MPPT было 7.3 В. Для корректной работы микроконтроллера, передающего данные, необходимо, чтобы значение силы тока было не меньше 250 мА.

Тесты в солнечную погоду показали, что установка способна выдать напряжение 7.4 В и около 400 мА, чего достаточно для подзарядки батареи.

Промежуточные результаты предполагают дальнейшую работу по определению возможности солнечной батареи одновременно обеспечить корректную работу микроконтроллера ESP32 и зарядку батареи.

Список литературы
1. Бурдаков В.П., Данилов Ю.А. Солнечные энергосистемы: теория и практика. Москва : Энергоатомиздат, 2019. 320 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Автономные и гибридные системы электроснабжения на основе ВИЭ Санкт-Петербург: Корона-Принт, 2020. 256 с.

УДК 62-529.4

РАЗРАБОТКА МАЛОГО РОБОТА-ГЕКСАПОДА

Гагарин Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
for.kurs@mail.ru
Смирнов В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
ecscalibur_10@mail.ru
Научный руководитель: Чернышов А.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Разработка гексапода представляет собой важное направление в области мобильной робототехники, поскольку позволяет создавать устойчивые и маневренные системы для перемещения по сложным поверхностям. В работе особое внимание уделяется механической конструкции, алгоритмам движения и системе управления, обеспечивающим согласованную работу шести конечностей [1].

Этапы работы:

1) аппаратная модернизация – замена связки Arduino UNO + Arduino Leonardo на Arduino UNO с двумя драйверами PCA9685 для более точного и стабильного управления сервоприводами [2];

2) оптимизация алгоритмов движения – доработка походки гексапода, улучшение плавности и энергоэффективности перемещения:

3) подготовка к интеграции датчика жестов – разработка концепции управления движениями робота с помощью жестов для использования в образовательных проектах;

4) тестирование и отладка – проверка работоспособности новой схемы управления, оценка точности и отзывчивости сервоприводов.

Методы разработки:

1) аппаратная оптимизация – использование PCA9685 для расширения возможностей управления сервоприводами с сохранением компактности системы [3];

2) программная доработка – улучшение существующих алгоритмов походки с учетом новой конфигурации управляющей электроники;

3) событийно-ориентированное управление – адаптация системы для будущего подключения датчика жестов и обработки внешних команд.

Полученные результаты:

– успешно осуществлен переход на Arduino UNO + 2×PCA9685, что позволило увеличить количество управляемых сервоприводов и повысить стабильность работы;

– доработаны алгоритмы движения, обеспечивающие более плавную и энергоэффективную походку;

– подготовлена основа для внедрения управления жестами, что расширит образовательные возможности проекта;

Перспективы развития.

1. Интеграция датчика жестов (например, MPU-6050 или Leap Motion) для интуитивного управления.

2. Дальнейшая оптимизация механики и ПО для автономного преодоления препятствий.

Список литературы

1. YouTube. Шагающий УАЗ Буханка URL: https://www.youtube.com/watch?v=WMRuPwsU9rg&t=449s. (Дата обращения 05.05.2025).
2. AlexGuver. Arduino - плавное управление сервоприводом v3.8 - AlexGyver Technologies URL: https://alexgyver.ru/servosmooth/ (Дата обращения 05.05.2025).
3. Robotchip. Обзор модуля PCA9685 URL: https://robotchip.ru/obzor-pca9685/?ysclid=ma3oebe4z7616729212 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 004

СТАЦИОНАРНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ВОДЫ

Гусляков А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
guslyakov.anton@gmail.com
Лисов Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
lisov.dimka@gmail.com
Научный руководитель: Чернышов А.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Измерение показателей качества воды необходимо для определения пригодности воды к использованию. Стационарный прибор для анализа качества воды представляет собой стационарный измерительный прибор для выполнения измерений различных параметров качества воды таких как: кислотность воды (pH), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП, ORP), электропроводность воды (TDS, EC), температура (°C), мутность [1,2].

Вышеприведенные показатели были выбраны с учетом того, что датчики находятся в открытой продаже и по доступной цене. Как управляющий контроллер был выбран Arduino Nano.

Для подключения всех датчиков была подготовлена макетная плата с возможностью отсоединения датчиков для более наглядной работы прибора.

Для осуществления измерений необходимо производить калибровку датчиков pH-, ORP-, TDS-метров, с использованием растворов с определенными градуировочными таблицами.

Данные, полученные с датчика после проведения аппаратной калибровки модуля, не являются идеально точными, однако их поведение близко к линейному соотношению между ожидаемыми и измеренными значениями. Поэтому, в качестве метода для калибровки был выбран метод наименьших квадратов – мощный и широко используемый метод для аппроксимации данных, т.е. для нахождения такой зависимости между переменными, которая наилучшим образом соответствует имеющимся наблюдениям [3].

С точки зрения реализации в программах, удобным является матричный метод решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Он позволяет определить коэффициенты регрессионной модели, используя операции над матрицами:

$$B = (X^T X)^{-1} X^r Y, \quad (1)$$

где X – матрица независимых факторов (показаний датчика); Y – матрица результирующих значений (эталонных показателей калибровочных растворов); B – вектор коэффициентов регрессионной модели.

Таким образом, задача калибровки сводится к нахождению матрицы коэффициентов B

и в сохранении данных коэффициентов в энергонезависимой памяти устройства, для сохранения результатов калибровки в случае перезагрузки.

Для использования градуировочных таблиц калибровочных растворов было принято решение рассчитать градуировочные коэффициенты и сохранить эти значения в программе для её быстродействия и уменьшения количества использованной памяти.

Итоговая реализация прошивки контроллера содержит реализации двух типов калибровок: из стандартной библиотеки поддержки датчиков и с использованием программной калибровки, которая создавалась для более точных измерений.

Проведение калибровки состоит из измерения температуры с помощью датчика DS18B20 и измерений трех калибровочных растворов для соответствующего датчика. После проведенной калибровки можно проводить измерения, перед которыми необходимо измерить температуру.

Список литературы

1. TDS/EC-метр для воды с щупом: руководство по использованию для Arduino. URL: https://wiki.iarduino.ru/page/TDS- EC-i2c/ (Дата обращения 16.03.2025).
2. Датчик кислотности жидкости (pH-метр), FLASH-I2C URL: https://wiki.iarduino.rU/page/ph-i2c/#h3_5 (Дата обращения 16.03.2025).
3. NewTechAudit Метод наименьших квадратов: формулы, код и применение. URL: https://habr.com/ru/articles/672540/ (Дата обращения 16.03.2025).

УДК 004.912

СОЗДАНИЕ ГРАФА ЗНАНИЙ

Кузнецов Т.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
tmknv@yandex.ru
Научный руководитель: Афанасьев А.В., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

У каждой компании есть свои внутренние процессы, требующие описания, знания, которые нужно хранить.

- Как эффективно управлять этими данными?
- Как быстро извлекать из них нужные сведения?
- Как обрабатывать иерархию в данных?

Граф знаний решает эти проблемы эти проблемы.

Граф знаний — это структурированное представление информации в виде графа, где:

- узлы (nodes) — это сущности (например, люди, организации, документы, понятия),
- рёбра (edges) — это связи между ними (например, «работает в», «написал», «является частью»).

Для более структурированных ответов создадим на основе графа знаний RAG.

RAG - Retrieval Augmented Generation работает в 3 этапа:

1. Разделение документа - чанки фиксированной длины векторизируются и сохраняются в базе данных.
2. Поиск по вектору - находятся релевантные чанки по косинусной схожести.
3. Генерация ответа - LLM формирует ответ на основе найденных данных.

В стандартном подходе чанки - механически нарезанные куски документа. В таком случае если в документе описывается логика одного процесса, то она может попасть в несколько чанков и при попытке ответить чаще всего информация либо не релевантная, либо не полная.

В случае построения RAG на графе знаний таких проблем не будет. Вся информация по конкретной теме находится в 1 месте.

Алгоритм создания графа знаний:

1. Чтение и очистка файла - удаление картинок, ссылок, номеров страниц.
2. Выделение тем и подтем - использование LLM с несколькими итерациями.
3. Наполнение тем описанием - добавление релевантного текста из документа.
4. Вставка токенов изображений и ссылок - расположение токенов в релевантных местах.

В результате проделанной работы мы получили **гибкий, масштабируемый механизм управления знаниями**, который:

- быстро находит и структурировано выдает релевантную информацию на любом уровне абстракции
- легко расширяется и адаптируется под новые данные и процессы.

Такой подход можно использовать не только для внутренних справочных систем, но и в поддержке клиентов, обучении сотрудников, аудите и автоматизации бизнес-процессов [1-3].

Список литературы

1. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N. et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks // arXiv preprint arXiv:2005.11401. 2020. URL: https://arxiv.org/abs/2005.11401 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Hogan A., Blomqvist E., Cochez M., D'amato C., De Melo G., Gutiérrez C. et al. Knowledge Graphs // ACM Computing Surveys. 2021. V. 54. № 4. URL: https://arxiv.org/abs/2003.02320 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Yasunaga M., Ren H., Bosselut A., Liang P., Leskovec J. QA-GNN: reasoning with language models and knowledge graphs for question answering // arXiv preprint arXiv:2104.06378. 2021. URL: https://arxiv.org/abs/2104.06378 (Дата обращения 05.05.2025).

СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ»

УДК 336.7

ТЕНДЕНЦИИ НА РЫНКЕ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Арешко Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
areshko.liza@mail.ru
Атян М.Г., студент
meline.atyan2006@mail.ru
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Порядков И.А., студент
iporyadkov@yandex.ru
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Научный руководитель: Белякова А.И., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Ипотека – это целевой заем на покупку недвижимости, который предоставляет банк. Она отличается крупной суммой, длительным сроком и тем, что приобретенное жилье остается в залоге у кредитора. Если заемщик не сможет выполнять обязательства по выплате, банк вправе изъять имущество.

Сегодня среднестатистический ипотечный заемщик в России – это человек в возрасте 30–35 лет с семьей. Он имеет высшее образование и работает специалистом или руководителем среднего звена.

В последние годы рынок ипотечного кредитования претерпевает значительные изменения, отражая как экономические реалии, так и потребности заемщиков. В работе рассматривается, какие тенденции сейчас преобладают, и чего ждать в будущем для среднестатистического заемщика.

Одним из главных факторов, влияющих на рынок ипотеки, остается ключевая ставка, которая устанавливается Центральным банком. Она определяет стоимость кредитов, включая ипотечные, и зависит от общей экономической ситуации в стране.

Коммерческие банки получают кредиты от ЦБ, в которых процент по предоставленным им кредитам и является ключевой ставкой. Однако при выдаче займов населению и бизнесу банки добавляют свою наценку, формируя итоговую процентную ставку и, в результате, реальные ставки по ипотеке и другим видам кредитов оказываются выше ключевой.

Сбербанк остается лидером на рынке ипотечного кредитования, несмотря на небольшое снижение доли в 2024 г. ВТБ также занимает значительную часть рынка, увеличив свою долю с 19 % до 21 %. Рост долей других банков, таких как Альфа-Банк и Банк ДОМ.РФ, говорит о растущей конкуренции, однако большинство заемщиков по-прежнему выбирают Сбербанк. Это может быть связано с его процентной политикой, уровнем доверия клиентов и доступностью ипотечных программ [1].

В 2019–2021 гг. ключевая ставка находилась на низком уровне, что способствовало росту объемов выданных кредитов, как в денежном, так и в количественном выражении. Однако в 2022 г., на фоне геополитической нестабильности, введения санкций и скачка инфляции, ключевая ставка резко увеличилась. Это привело к заметному сокращению числа ипотечных сделок и снижению общей суммы кредитования [2].

Текущую ситуацию на рынке недвижимости многие, наверняка, назовут «кризисом», однако в классическом понимании данного слова точно сказать нельзя. Рынок сам загнал себя на слишком высокие уровни по ценам, которые сейчас не может «переварить» и довольно большими объемами строительства. Поэтому, скорее всего, рынок ждут структурные изменения и обновление.

Ставки по рыночной ипотеке на начало 2025 г. превышают 28–29 % годовых. Но есть возможность оформить жилищный кредит по ставке в несколько раз ниже благодаря льготным программам. В 2025 г. действует следующий перечень программ: семейная ипотека, IT-ипотека, дальневосточная и арктическая ипотека. Первые два вида выдаются под 6 % и последний вид под 2 % годовых. Льготная и сельская ипотека действовала до 31.12.2024 г. Их работоспособность возобновят в 2025 г. Также хотят ввести военную ипотеку.

Если в 2019 г. ипотечный рынок практически полностью состоял из стандартной ипотеки, то уже в 2020 г. начали активно развиваться различные виды льготной ипотеки. Особенно заметен рост объемов выдачи по семейной ипотеке, однако и другие виды льготных ипотек хоть и стартовали с минимальных значений, также набирали свою популярность.

На этом фоне можно заметить, что число выданных ипотечных кредитов вне льготных программ колебалось, но в целом снижалось, особенно в 2022 и 2024 гг. Это подтверждает, что льготные меры стали основным драйвером ипотечного рынка в последние годы, компенсируя влияние роста ключевой ставки и экономической нестабильности. В конечном счете, льготные программы существенно повлияли на структуру ипотечного рынка, но не менее важным фактором остается динамика приуроченности ипотеки.

С 1 января 2025 г. ЦБ вводит новый стандарт защиты прав ипотечных заёмщиков, направленный на минимизацию рисков и улучшение информирования о кредитных условиях. Ужесточаются требования к первоначальному взносу: запрещено учитывать кешбэк от застройщиков и кредиты от того же банка для его внесения. Также банки не могут получать вознаграждение от застройщиков за снижение ставок, если это увеличивает цену недвижимости, и вводится запрет на плату за снижение ипотечной ставки. Стандарт рекомендует ограничить срок ипотеки 30 годами и сумму кредита – 80 % от рыночной стоимости жилья, учитывая возраст заёмщика для снижения рисков невозврата [3].

Список литературы

1. Банк ДОМ.РФ. URL: https://domrfbank.ru/ (Дата обращения 12.03.2025).
2. Центральный банк Российской Федерации. URL: https://www.cbr.ru/ (Дата обращения 12.03.2025).
3. Стандарт защиты прав и законных интересов ипотечных заемщиков. URL: https://www.cbr.ru/ (Дата обращения 12.03.2025).

УДК 336.7

РАЗВИТИЕ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Бобыкин М.Ю., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Maksim.bobykin@gmail.com
Научный руководитель: Пикалкина М.Г., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Платежные системы – это фундамент финансовой инфраструктуры, от которого зависят скорость, безопасность и доступность расчетов для всех участников экономики. За последние 30 лет Россия прошла огромный путь – от наличных денег до цифровых решений, таких как СБП или цифровой рубль. Этот прогресс особенно важен на фоне санкций и глобальной цифровизации, которые заставляют страну искать собственные пути развития. В работе рассмотрены ключевые этапы трансформации платежных систем, их текущее состояние и перспективы, опираясь на данные Банка России и профильных организаций [1].

Если оглянуться назад, в 1990-е годы расчеты в России были привязаны к наличным деньгам и банковским переводам. Банковские карты тогда только начинали появляться, и для большинства людей они оставались экзотикой. В 2000-х ситуация изменилась: начался

массовый выпуск карт, а вместе с ними – развитие интернет-банкинга. Это стало первым шагом к цифровизации, хотя тогда мало кто представлял, насколько быстро технологии изменят финансовый сектор.

К 2010-м годам безналичные платежи стали привычным явлением. Однако санкции 2014 года подтолкнули страну к созданию собственных решений – так появилась Национальная система платежных карт (НСПК) и карта «Мир». Это был важный шаг к снижению зависимости от Visa и Mastercard, хотя полностью заменить их пока не удалось. В 2020-х фокус сместился на мобильные технологии: QR-платежи, мгновенные переводы через систему быстрых платежей (СБП) и тестирование цифрового рубля. Эти инновации не только упростили жизнь людям, но и повысили вовлеченность в цифровую экономику, особенно среди молодежи [2].

Сегодня доля безналичных платежей в России превышает 85 %, а их объем в 2023 г. достиг 92 трлн рублей. Такой рост объясняется несколькими факторами. Во-первых, онлайн-торговля стала частью повседневности: от покупки еды до оплаты обучения. Во-вторых, государство активно поддерживает цифровизацию – например, через внедрение СБП. Эта система, позволяющая переводить деньги по номеру телефона, в 2023 г. обработала операций на 16,5 трлн рублей, что на 63 % больше, чем годом ранее. Для малого бизнеса важным стимулом стали QR-коды: их использование сократило расходы на эквайринг на 30 %, что особенно актуально для кафе и небольших магазинов.

Карта «Мир» тоже демонстрирует успехи: к 2024 г. выпущено более 360 млн экземпляров, а оборот за 2023 г. составил 52,9 трлн рублей. Однако за границей эти карты почти не принимают – только 3,7 % транзакций приходится на международные операции. Еще один прорыв – пилот цифрового рубля в 2023 г. Технология на основе блокчейна тестировалась в 13 банках и 600 точках, и, по прогнозам, ее коммерческое внедрение к 2025 г. сократит издержки банков на 10–15 %. Это может стать альтернативой традиционным платежам, особенно для межкорпоративных расчетов.

Однако проблемы остаются. Во-первых, зависимость от зарубежных систем: даже с учетом роста «Мира», международные операции по-прежнему сложны. Во-вторых, цифровое неравенство: в удаленных регионах, таких как Сибирь или Дальний Восток, слабый интернет и недостаток банковских отделений тормозят переход на безнал. Например, по данным Минцифры, 15 % населенных пунктов до сих пор не имеют стабильного доступа к Сети.

Кибербезопасность – еще один вызов. В 2023 г. мошенничество в интернете выросло на 19 %, что заставило банки увеличить расходы на защиту данных на 28 %. Даже с внедрением биометрии и ИИ-алгоритмов риски сохраняются. На мой взгляд, здесь важно не только совершенствовать технологии, но и обучать людей основам безопасности – этому могли бы способствовать госпрограммы или курсы в университетах.

В будущем развитие платежных систем, может быть связано с несколькими трендами. Цифровой рубль может стать универсальным инструментом для всех типов расчетов, а расширение географии «Мира» до 20 стран к 2026 году упростит жизнь тем, кто путешествует или ведет бизнес за рубежом. Инвестиции в блокчейн и ИИ для киберзащиты тоже выглядят перспективно – это не только снизит риски, но и повысит доверие к цифровым платежам. Кроме того, рост финтеха, вероятно, приведет к появлению новых сервисов, например, приложений для автоматического учета расходов или интеграции с госуслугами [3].

Подводя итог, российские платежные системы показывают устойчивость в сложных условиях, но для глобальной конкуренции нужно решить ключевые проблемы: убрать цифровое неравенство, усилить безопасность и расширить международное присутствие. Можно предположить, что сочетание государственной поддержки, технологий и образования поможет создать по-настоящему современную платежную экосистему, которая будет удобной для всех – от жителей мегаполисов до отдаленных деревень.

Список литературы
1. Банк России. Развитие национальной платежной системы: итоги и перспективы. URL: https://www.cbr.ru/ (Дата обращения 11.03.2025).
2. Министерство финансов РФ. Обзор финансового рынка России за 2024 год. URL: https://minfin.gov.ru/ (Дата обращения 11.03.2025).
3. Ассоциация Финтех. Развитие цифровых платежей в России. URL: https://fintechru.org/ (Дата обращения 18.03.2025).

УДК 338.47

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНВЕСТИЦИЙ В МОДЕРНИЗАЦИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ОАО «РЖД»

Бураева В.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
vk.buraeva@gmail.com
Научный руководитель: Тихомиров Е.А., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

ОАО «Российские железные дороги» является одним из крупнейших российских предприятий, оказывающим значительное влияние на национальный рынок транспортных услуг. Компания, созданная в 2003 г. на основе бывшего Министерства путей сообщения, владеет и управляет основной частью железнодорожной инфраструктуры страны и обладает монопольной позицией в области грузовых и пассажирских перевозок.

В последние годы модернизация подвижного состава стала стратегическим приоритетом компании, особенно на фоне экономических и санкционных ограничений. РЖД инвестирует значительные средства в обновление локомотивов, пассажирских вагонов и электропоездов, рассматривая эти вложения как способ повышения экономической эффективности и конкурентоспособности перевозочной деятельности. Несмотря на кризисные явления и введенные западными странами санкции, ограничивающие импорт подвижного состава и комплектующих, компания продолжает поддерживать высокий уровень инвестиций. Например, в 2024 г. РЖД направило 137,7 млрд рублей на закупку 562 локомотивов отечественного производства, включая 336 электровозов и 226 тепловозов, адаптированных к замещению импортных комплектующих [1]. Это позволило существенно обновить парк грузовых и пассажирских локомотивов, особенно на стратегически важном Восточном полигоне. Программа инвестиций на 2025 г. продолжает эту тенденцию: общий бюджет компании составит 890,9 млрд рублей, из которых 257,2 млрд рублей предназначено для закупки 400 новых локомотивов и 239 моторвагонных составов.

Особое внимание в ходе модернизации уделяется пассажирскому подвижному составу. Только в 2023 году РЖД приобрело свыше 800 вагонов для поездов дальнего следования и пригородного сообщения, включая современные одно- и двухэтажные купейные вагоны, поступившие на востребованные направления. В 2024 году компания планирует закупить 888 единиц пассажирского подвижного состава, преимущественно отечественного производства, выпускаемого предприятиями «Трансмашхолдинг» и «Демиховский машиностроительный завод». Максимальный объём закупок определяется уже не финансовыми возможностями компании, а производственными мощностями отечественной промышленности, которые в настоящий момент являются основным ограничивающим фактором.

Важнейшим направлением модернизации является внедрение передовых технологий, увеличивающих провозную способность и снижающих эксплуатационные расходы. Одним из ярких примеров таких решений является технология «Виртуальная сцепка», успешно применяемая на Восточном полигоне. Эта технология позволяет нескольким поездам

двигаться практически вплотную друг к другу, управляемым дистанционно с ведущего локомотива, что значительно повышает пропускную способность железнодорожных линий.

В ближайшие годы РЖД планирует кардинально обновить скоростной подвижной состав. Так, в 2028 году на линии Москва – Санкт-Петербург поезда «Сапсан» будут заменены новыми отечественными поездами «Белый кречет», производимыми заводом «Уральские локомотивы». Всего до 2030 года перевозчику будет поставлен 41 поезд нового поколения.

Помимо экономических выгод, модернизация подвижного состава преследует и важные экологические цели. Железнодорожный транспорт традиционно является одним из самых экологически чистых видов транспорта, и РЖД активно стремится снизить собственный экологический след. Уже сейчас свыше половины железнодорожных линий компании электрифицированы. Более того, около 40 % электроэнергии, потребляемой РЖД, производится из возобновляемых и низкоуглеродных источников. Компания также совершенствует экологичность инфраструктуры, внедряя, например, туалеты закрытого типа в пассажирских составах, что исключает загрязнение железнодорожного полотна и прилегающих территорий [2].

Инвестиции в подвижной состав тесно связаны с внедрением энергоэффективных технологий, которые позволяют существенно экономить топливо и электроэнергию. Так, в 2023 году экономический эффект от применения ресурсосберегающих технологий составил более 200 млн рублей.

Несмотря на существующие экономические трудности и внешние ограничения, компания демонстрирует устойчивость, продолжая масштабные вложения в обновление подвижного состава, тем самым укрепляя позиции железнодорожного транспорта как основы устойчивой транспортной системы России. В перспективе после 2025 года этот курс будет продолжен, что позволит РЖД сохранить лидерство в области перевозок и достичь ещё больших успехов в реализации целей устойчивого развития.

Список литературы

1. РЖД в 2024 году направили на обновление парка локомотивов 137,7 млрд рублей. URL: https://tass.ru/ekonomika/22963865 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Отчет об устойчивом развитии – 2023. ОАО «РЖД». URL: https://sr2023.rzd.ru/ru (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 338

НАЛОГОВАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: СТИМУЛЫ ИЛИ ПРЕПЯТСТВИЯ РОСТА БИЗНЕСА

Ковалёва К.П., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
kristina_kov00@mail.ru
Научный руководитель: Шарова С.В., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Налоговая политика является ключевым инструментом государственного регулирования экономики, позволяя стимулировать приоритетные отрасли через систему льгот и преференций. В условиях глобальной цифровизации развитие сектора информационных технологий (IT) становится стратегическим приоритетом для России, что подтверждается Указом Президента Российской Федерации №309 от 07.05.2024 года, установившим технологическое лидерство и цифровую трансформацию одними из основных национальных целей до 2036 года [1].

Налоговое законодательство определяет IT-компанию как организацию, оказывающую деятельность в области любых информационных технологий. Однако для получения такой компанией преференций по налогообложению есть более четкие условия:

1) наличие документа о государственной аккредитации организации, осуществляющей деятельность в области IT;

2) на «профильные» доходы должно приходиться не менее 70 % от общей суммы доходов компании, учитываемых при определении налоговой базы по налогу на прибыль;

3) компания не должна попадать под запрет на применение льготных ставок;

4) программное обеспечение (ПО) и программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ) и баз данных, в отношении которых, осуществляются операции по передачи исключительных прав на них и прав на их использование должны быть включены в реестр российского ПО или единый реестр результатов НИОКР военного, специального или двойного назначения [2].

Первые три условия дают возможность применения льгот по налогу на прибыль организаций и по уплате страховых взносов, последнее – по налогу на добавленную стоимость. Преференции на упрощенной системе налогообложения (УСН) получить проще: достаточно иметь определенные коды ОКВЭД.

С 1 января 2025 г. налоговое законодательство претерпело изменения, повысив налоговые ставки, в том числе по налогу на прибыль организаций, страховым взносам, а также изменив условия УСН и НДС.

Для юридических лиц на общей системе налогообложения ставка налога на прибыль повысилась с 20 % до 25 %, в то время как IT-компании уплачивают 5 % только в федеральный бюджет, сохраняя преимущество, однако до изменений ставка по данному налогу составляла для них 0 %. Страховые взносы для IT-компаний составляют 7,6 % без учета базовой величины, при том, что для остальных отчисления составляют 30 % и 15,1% до и после превышения базовой величины соответственно. Касаемо НДС, то выполняя вышеупомянутое условия, компания может использовать ставку 0 %, а не 20 % как остальные организации. Кроме того, в Московской области для IT-компаний на УСН установлены ставки по объекту налогообложения «доходы» 1 % и «доходы минус расходы» 5 %, вместо 6 % и 15 % соответственно.

Также с 2025 г. IT-компании, применяющие ставку налога на прибыль 8 %, получили право на федеральный инвестиционный налоговый вычет (ФИНВ) при инвестициях в основные средства (ОС) и нематериальные активы (НМА), включая их приобретение, модернизацию и создание. Вычет составляет 3 % от суммы инвестиций, при этом итоговый налог не должен быть ниже налога, исчисленного по ставке 3 % от налоговой базы по налогу на прибыль организаций. Для применения ФИНВ необходимо закрепить решение в учетной политике, важно помнить, что использовать данный вычет совместно с региональным вычетом или с повышающими коэффициентами амортизации запрещено.

Таким образом, налоговая политика Российской Федерации в сфере информационных технологий носит двойственный характер: государство внедряет ряд преференций и возможностей сокращения налогового бремени, однако существует ряд сдерживающих факторов, заключающихся в сложности выполнения всех условий, норм и правил использования государственной поддержки. Для удержания IT-компаний на рынке и поддержания их развития необходимо расширить перечень компаний, имеющих право на преференции, упростить процедуру получения аккредитации, расширить количество льготных налогов и продлить сроки предоставления этих льгот. При этом важно понимать, что государству необходимо поддерживать баланс между обеспечением фискальной функции и достижением максимального эффекта в поддержке цифровой трансформации России.

Список литературы
1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 и на перспективу до 2036 года». URL: https://www.consultant.ru/law/hotdocs/84648.html (Дата обращения 05.05.2025).
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 №117-ФЗ (ред. от 28.12.2024, с изм. от 21.01.2025). (с изм. и доп. вступ. в силу с 01.04.2025). URL: https://www.consultant.ru/ (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 339

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «СЕВЕР – ЮГ» НА РАЗВИТИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ РОССИИ

Крутов А.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
krutov-am@rambler.ru
Научный руководитель: Горшенина Н.С., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Актуальность проблемы связана с перспективностью данного логистического направления, которое открывает новые возможности для интеграции российской экономики в глобальные транспортные коридоры. Особое внимание уделяется развитию перспективных направлений для импортных и экспортных поставок сырьевых и несырьевых товаров. Данное обстоятельство усилило роль логистической инфраструктуры и повысило значимость транспортного коридора «Север – Юг» как ключевого элемента устойчивых экономических связей. В рамках ограниченности пропускной способности Суэцкого канала Международный транспортный коридор (МТК) «Север – Юг» представляет собой многофункциональную транспортную артерию, соединяющую Россию с Ираном, Индией, Пакистаном, Китаем и другими странами Южной Азии и Восточной Африки.

На сегодняшний момент, торговый коридор находится на начальном этапе интеграции логистических путей, которые еще не объединены в единую сеть, но имеют потенциал для этого [1].

Как и все проекты, коридор «Север – Юг» сталкивается с рядом значительных вызовов, которые затрудняют его реализацию и эффективность. Прежде всего, это состояние каспийских портов. Например, порт Астрахань сталкивается с сезонными ограничениями из-за замерзания, а порт Махачкала до сих пор не имеет полноценного контейнерного терминала. Особого внимания требует развитие сухих портов. По оценкам экспертов, для нормального функционирования коридора необходимо построить как минимум 10 крупных логистических хабов и множество вспомогательных терминалов [2].

Общий объём инвестиций в проект «Север – Юг» составляет более 38 млрд долларов. Эти средства распределяются по трём основным направлениям, где Западный маршрут через Азербайджан получает наибольшее финансирование, а именно 66 % от общей суммы. Для реализации потенциала коридора ключевое значение имеют юго-восточные регионы России – Астраханская и Волгоградская области, Дагестан, Калмыкия и Ставрополье.

Коридор обладает наибольшим потенциалом для перевозок зерна, учитывая стабильно высокий спрос на российскую сельхозпродукцию в Иране и странах Ближнего Востока. Наряду с зерном, ключевыми грузами станут удобрения, продовольственные товары и черные металлы.

Иран играет ключевую роль в развитии коридора «Север – Юг». Его железнодорожная сеть уже сегодня может обрабатывать до 10 млн т грузов, однако инфраструктура требует модернизации и инвестиций. Индия рассматривает участие в этом проекте как возможность для увеличения экспорта и доступа к сырью из каспийских стран. Азербайджан планирует

стать ключевым транспортным узлом в регионе и превращает Баку в региональный хаб, делая ставку на транзит нефтепродуктов и химии.

Таким образом, Проект Международного транспортного коридора «Север – Юг» обладает значительным инвестиционным потенциалом, но сталкивается с рядом вызовов, ограничивающих его эффективность и привлекательность. Во-первых, необходимо сделать перевозки по этому маршруту экономически выгодными. Сегодня стоимость логистики остается высокой, и чтобы конкурировать с традиционными морскими путями через Суэцкий канал, требуется пересмотреть тарифную политику [3]. Во-вторых, критически важна модернизация инфраструктуры. Речь идет, прежде всего, о железных дорогах в Иране и Азербайджане. При должных инвестициях пропускная способность коридора может достичь 300 млн т грузов ежегодно. Не менее важна цифровизация процессов, а именно: внедрение системы «единого окна» которое упростит документооборот; электронные транспортные документы, сокращающие время обработки грузов; система бронирования для оптимизации загрузки судов и вагонов

Реализация этих мер в комплексе позволит коридору «Север – Юг» стать полноценной альтернативой существующим маршрутам. В результате транспортный путь превратится в новый экономический мост между Европой и Азией, который откроет возможности для развития всего региона

Список литературы

1. Захаров А.И. Международный транспортный коридор «Север-Юг»: вызовы и возможности для развития транспортной связности между Россией и Индией. // Вестник МГИМО-Университета. 2023. № 16(2). С. 216-234.
2. Минеев В.И., Почекаев Д.А. Перезагрузка международного транспортного коридора «Север – Юг» // Научные проблемы водного транспорта. 2023. № 74(1). С. 105-116.
3. Горшенина Н.С., Крутов А.М. Роль управления рисками в повышении эффективности и безопасности таможни // Экономика и предпринимательство. 2024. № 2 (163). С. 1149-1152.

УДК 332.1

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД» В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГОРОДСКОЙ ПОЛИТИКИ

Хрящев П.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
peter.khryaschev@gmail.ru
Научный руководитель: Букова А.А., к.э.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Современный мир стремительно урбанизируется: более половины населения Земли живет в городах, и каждую неделю это число увеличивается на 1,5 млн человек. К 2050 г. доля городского населения, по прогнозам, достигнет 70 %. Этот беспрецедентный рост ставит перед городами серьезные вызовы, требуя инновационных решений для устойчивого развития и повышения качества жизни. Традиционные подходы к управлению часто оказываются неэффективными в условиях растущего населения, ограниченности ресурсов и усложняющейся инфраструктуры. Транспортные заторы, загрязнение, нехватка жилья и проблемы безопасности – это лишь некоторые из проблем. «Умный город» – концепция управления территорией, предлагающая современные технологии для улучшения жизни жителей, формирующая город, способный адаптироваться к потребностям населения и эффективно реагировать на возникающие проблемы. Это целостная система, направленная на достижение трех основных целей: повышение качества жизни, повышение эффективности управления и обеспечение устойчивого развития [1].

Важность решения проблем современных городов и внедрения данной концепции признается на самом высоком уровне. Правительство уделяет этим вопросам приоритетное внимание, что подтверждается реализуемыми и планируемыми к реализации программами и стратегиями, такими как «Транспортная программа Москвы до 2030 года», «Экологическая стратегия города Москвы на период до 2030 года» и направления развития в сфере безопасности, определенные в программе «Умный город – 2030». Эти инициативы свидетельствуют о том, что необходимы стратегии для решения городских проблем [2].

Одним из перспективных направлений развития городов будущего являются умные опоры – многофункциональные конструкции, повышающие комфорт и безопасность городской среды. Они объединяют в себе эффективное светодиодное освещение с датчиками движения для экономии энергии и повышения безопасности, встроенные камеры видеонаблюдения с аналитикой для оперативного реагирования на происшествия, точки доступа Wi-Fi для привлечения жителей и сбора данных, а также датчики экологического мониторинга для контроля состояния окружающей среды. Внедрение таких опор – это не просто замена уличных фонарей, а стратегическое инвестирование в развитие города. При стоимости внедрения в городе с населением в полмиллиона человек, оцениваемой в 1,5 – 3 млрд рублей, экономические выгоды становятся очевидными. Снижение затрат на электроэнергию достигает 60 %, а расходы на замену ламп уменьшаются на 80 % благодаря долговечности светодиодов. Автоматизация управления освещением сокращает затраты на обслуживание на 30 %. Социальные выгоды также трудно переоценить: улучшенное освещение и видеонаблюдение повышают уровень безопасности, бесплатный Wi-Fi и мониторинг экологии делают город более комфортным для жизни.

Современный город невозможно представить без эффективно организованной транспортной системы. Основой системы служит разветвленная сеть датчиков трафика, которые в режиме реального времени собирают данные об интенсивности движения, скорости транспортных средств и других ключевых параметрах. На основе этих данных адаптивные светофоры автоматически регулируют время работы, оптимизируя транспортные потоки. Сокращение времени простоя в пробках достигает 15 %, что не только экономит время горожан, но и способствует снижению выбросов загрязняющих веществ на 8 %, улучшая экологическую обстановку. Оптимизация маршрутов общественного транспорта позволяет сократить время в пути на 10 % и снизить необходимое количество автобусов на 5 %. Помимо очевидных экономических выгод, «Умный транспорт» улучшает жизнь горожан: сокращение времени в пробках и повышение удобства общественного транспорта делают поездки комфортнее.

В эпоху цифровизации, когда доступ к актуальной и достоверной информации является ключевым для эффективного управления городом, интегрированные платформы управления городскими данными приобретают особую важность. Одним из таких комплексных решений, является, например, Smart City Cloud [3]. Платформа способствует оптимизации расходов на энергоресурсы, водоснабжение и управление отходами за счет более эффективного использования ресурсов и сокращения потерь. Она обеспечивает прозрачность процессов управления городом, предоставляя гражданам возможность контролировать работу городских служб и участвовать в принятии решений.

Концепция «Умный город» уже давно вышла за рамки теории и стала успешно реализуемой практикой, демонстрирующей ощутимые результаты по всему миру. Примеры Барселоны, Москвы и Сингапура убедительно доказывают, что это не утопия, а реальность, приносящая экономические и социальные выгоды. Барселона лидирует во внедрении «умных» технологий в освещении, парковках и транспорте, значительно улучшая качество жизни. Москва активно развивает «умные» решения в сфере безопасности и транспорта, снижая преступность и оптимизируя транспортные потоки. Сингапур, с его интегрированной системой управления, достиг впечатляющих результатов в обеспечении безопасности, здравоохранения и образования. Эти успешные примеры подчеркивают, что «Умный город» –

насущная необходимость для устойчивого будущего, в котором наши города станут комфортными, безопасными и процветающими.

Список литературы

1. Стратегия «Умный город - 2030» Вводные материалы и общие принципы. URL: https://storage.strategy24.ru/files/strategy/201903/724ca9541151bd969b96ed594f37a103.pdf (Дата обращения 21.04.2025).
2. План развития Москвы 2030. // URL: https://web.archive.org/web/20200510204128/https://2030.mos.ru/ (Дата обращения 20.04.2025).
3. Платформа Smart City Cloud. // URL:https://at-siberia.ru/smartcitycloud (Дата обращения 21.04.2025).

СЕКЦИЯ «ЛИНГВИСТИКА»

УДК 81

ЭТИМОЛОГИЧЕСКИЕ ДУБЛЕТЫ В АНГЛИСКОМ ЯЗЫКЕ

Войнов Е.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
voinov-e00@mail.ru
Научный руководитель: Жердева М.О., к.филол.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Существуют различные определения такого языкового явления как этимологические дублеты. В этом исследовании кажется целесообразным отталкиваться от самого понятия «дублет»: в соответствии с его истолкованием это нечто тождественное или полностью подобное. Поэтому и в случае с этимологическими дублетами (ЭД) представляется вполне правомерным говорить об этимологическом тождестве слов, т.е. об их общем происхождении от одной и той же лексемы.

В таком случае необходимо различать этимологически родственные слова, которые имеют в качестве этимона общий корень слова, но отличаются словообразовательными аффиксами и, следовательно, образованы по разным словообразовательным моделям, и собственно этимологические дублеты, восходящие к общему этимону как цельнооформленной лексеме и сохраняющие этимологическое тождество данному этимону [1]. Поэтому в настоящем исследовании будут рассматриваться только те пары слов, которые не нарушают правило этимологического тождества. Напротив, такие пары как «гладиолус» и «гладиатор», которые образованы от латинского существительного «gladis» («меч») по разным словообразовательным моделям с помощью отличающихся суффиксов, не будут включены в число изучаемых пар лексем, т.к. они относятся к этимологически родственным словам, но не к дублетам.

Остановимся на первой паре ЭД в английском языке: например, **shade – shadow**; оба слова являются исконно английскими и восходят к разным падежам одной и той же древнеанглийской лексемы – д.а. sceadu (им. падеж) и д.а. sceadwe (косвен. падежи) [2]. Очевидное родство этих лексем отразилось не только в их фономорфологической оболочке, но и в их семантике, хотя синтаксические расхождения в их словоупотреблении не могли не сказаться на последнем аспекте.

2. **chief** (руководитель; лидер) – **chef** (шеф-повар). Оба слова были заимствованы из французского языка, но в разное время [3]. Существительное «chief» происходит от старофранцузского «chief» (начало 14 века), что означает «глава» или «лидер», которое – в свою очередь – восходит к слову из народной латыни «capum» (из классич. лат. «caput» – «голова»). В середине 19 века данное французское слово вновь было заимствовано в английский язык в составе выражения «chef de cuisine» (букв. «начальник кухни» или «шеф-повар»), которое стали использовать в сокращенном варианте – «chef», что привело к образованию данной дублетной пары.

3. **sure – secure**. Прилагательное «sure» («верный, уверенный, несомненный») было заимствовано из старофранцузского языка в середине 13 века и восходит к латинскому «securus», что означает «безопасный» или «надежный». Его этимологический дублет «secure» («надежный, спокойный, безмятежный») также восходит к этому латинскому прилагательному, заимствованному в английский язык позже (начало 16 века) непосредственно из латыни. Оба слова имеют семантическое сходство, но оно неявно выражено, так как произошла определенная семантическая дивергенция. А звуковая оболочка соответствует фономорфологическим правилам того языка-донора, из которого был заимствован соответствующий дублет.

3. **hostel – hotel** – **hospital.** В данном случае в качестве ЭД выступает тройственная группа лексем, так как все они имеют общий этимон в виде средневекового латинского существительного «hospitale» («гостиница, постоялый двор, приют»), которое – в свою очередь – образовано по конверсии от прилагательного «hospitalis» («гостевой»). Первые две лексемы были заимствованы из средневекового французского языка – «hostel» (в начале 13 века из старофранцузского «ostel, hostel») и «hotel» (в середине 17 века из франц. «hotêl»); к началу 16 века первое из них воспринималось уже как устаревшее, но оно вновь вошло в литературный язык в начале 19 века благодаря романам В. Скотта, хотя современное значение было зафиксировано только в 20-е годы прошлого столетия. Последний компонент в данной группе – «hospital» – был заимствован также из старофранцузского языка в середине 13 века, но это слово сохранило бо̀льшую близость к латинскому этимону и в звуковой оболочке, и в семантике, так как изменение в значении – «больница» – изначально было зафиксировано именно в средневековом латинском языке и объяснялось трансформацией в понимании долга гостеприимства принимающего хозяина по отношению к постояльцу.

Подводя итог, можно сказать, что этимологические дублеты представляют собой интересное и одновременно сложное явление в языкознании, поскольку они иллюстрируют богатство и многообразие языка, а также отражают его историческое развитие.

Список литературы

1. Никитина М.О. Этимологические дублеты в истории английского языка (к проблеме тождества слова). Дисс. канд. филол. н. Специальность: 10.02.04 (Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем), 1985. М.: МГУ. 202 с.
2. Смирницкий А.И. Хрестоматия по истории английского языка с VII по XVII в. М.: «Букинист», 2008. 304 с.
3. Morris W., Morris M. Dictionary of words and phrase origins. N.-Y.: L., 1977. 654 p.

УДК 81

СИНТАКСИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИНОСОЧЕТАНИЙ С ЛЕКСЕМОЙ «ФУНКЦИЯ» В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Иванов А.Д., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
ivanovalexandr2510@mail.ru
Научный руководитель: Червоненко С.М., к.филол.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В работе выделены основные синтаксические модели образования терминосочетаний для изучения внутренних связей между их членами, проведен синтаксический анализ ряда широко используемых терминосочетаний с лексемой *функция.* Рассмотрены отношения между членами внутри терминологических единиц. Исследование проводилось на основе выборки материала из методических пособий по данной дисциплине. Основными методами для проведения работы стали: отбор и обобщение материала, грамматический и синтаксический анализ.

Математический анализ является фундаментальной дисциплиной в рамках математики, представляя собой один из ключевых разделов, который лежит в основе многих других наук и прикладных областей. Этим объясняется перекличка терминологии, которую мы можем наблюдать. Терминосистемы этих наук тесно связаны между собой. Используемый в математическом анализе термин *функция* широко используется и другими науками.

Целью работы является сбор, исследование и описание термина *функция* в математическом анализе, выявление синтаксических и структурных особенностей терминосочетаний.

Синтаксические особенности образования терминосочетаний.

Само слово *функция* – это одно из основных понятий в математике. *Функция* – соответствие между двумя множествами, при котором каждому элементу одного множества соответствует элемент другого.

Эта лексема широко используется в различных терминосистемах. В области математического анализа слово *функция* является центральным компонентом многих терминосочетаний, организованных разными синтаксическими способами.

Рассмотрим следующие продуктивные модели при образовании составных терминов с данной лексемой:

1) двучленные конструкции:

– прил. + сущ.: *неявная функция, непрерывная функция, разрывная функция, монотонная функция, ограниченная функция, периодическая функция, четная функция, нечетная функция, обратная функция, сложная функция;*

– прич. + сущ.: *интегрируемая функция, возрастающая функция, убывающая функция, дифференцируемая функция, заданная функция;*

– сущ. + сущ. в косв.: *график функции, приращение функции, производная функции, дифференциал функции, экстремум функции, первообразная функции, предел функции, градиент функции;*

2) многочленные конструкции:

– сущ. + сущ. в Р.п. + сущ. в Р.п.: *область определения функции, область значений функции.*

– прил. + сущ. + сущ. в Р.п.: *аналитическое задание функции, табличное задание функции, критическая точка функции, неопределенный интеграл функции, определенный интеграл функции, несобственный интеграл функции, частная производная функции;*

– нар. + прил. + сущ.: *бесконечно малая функция, бесконечно большая функция.*

Из рассмотренных примеров классические словосочетания из двух слов представляют яркий пример модели согласования в чистом виде, когда «зависимое слово уподобляется по форме господствующему» [1], последнее будет выражено существительным, а зависимое, как правило – прилагательным. Модель *управление,* как видно из третьей схемы, будет представлена сильным подтипом. Это обусловлено тем, что господствующий член является существительным с уточняющим значением.

В таком случае мы имеем два основных типа синтаксических отношений – ***атрибутивные*** и ***объектные.*** При этом в трехчленных конструкциях встречаются также наречия (по пути примыкания с релятивной семантикой) и согласующиеся прилагательные, например, ***бесконечно*** *малая функция,* ***критическая*** *точка функции.*

Как видим, даже одно терминологическое гнездо дает большой спектр терминосочетаний в разных научных областях. Формирование новых терминоэлементов идет преимущественно синтаксическим путем. Семантические способы отходят в данных сферах на второй план или полностью отсутствуют. Это происходит в результате того, что «эти способы не могут удовлетворить потребность в точных, с минимальной многозначностью, терминах» [2].

Многочленные терминосочетания с лексемой *функция* развиваются на базе однословных и двучленных терминов, приобретая при этом собственную терминологическую семантику и формируя тем самым свои понятия, которые совокупно с синтаксической структурой такого терминосочетания вписывают его в систему терминов математического анализа.

Список литературы

1. Лекант П.А. Современный русский язык. М.: Дрофа, 2002. 782 с.
2. Лейчик В.М. Терминоведение: предмет, методы, структура. М.: Либроком, 2009. 256 с.

УДК 81'37

ФРАНЦУЗСКАЯ ЯЗЫКОВАЯ КАРТИНА МИРА СКВОЗЬ ПРИЗМУ ФРАЗЕОЛОГИИ

Иванов И.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
igor140803456@gmail.com
Научный руководитель: Попандопуло Ю.В., к.п.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Представления человека об окружающем его мире складываются в процессе его взаимодействия с этим миром. Результатом такого взаимодействия является формирование картины мира в сознании человека.

Картина мира – это совокупность представлений человека о реальности. Картина мира представляет собой не простой набор отражений предметов, процессов, свойств и т.д., но включает в себя также и субъективное мнение человека по отношению к воспринимаемым и отражаемым им предметам. Картина мира всегда детерминирована историческим периодом, социальным статусом отражающего субъекта и даже его характером. Частью картины мира является язык. На его основе формируется языковая картина мира.

По словам А. Вежбицкой, «языковая картина мира – это исторически сложившаяся в обыденном сознании данного языкового коллектива и отраженная в языке совокупность представлений о мире, определенный способ концептуализации действительности» [1]. Она формируется, с одной стороны, языковыми средствами, отражающими языковые универсалии, а, с другой, – средствами, закрепляющими особенности национального мировидения того или иного народа. Поэтому не существует единой общей языковой картины мира, а есть множество национальных. В создании национального колорита языковой картины мира интенсивно участвует фразеология, формируя фразеологическую картину мира.

Фразеологическая картина мира – это часть языковой картины мира, описанной средствами фразеологии, в которой каждый фразеологический оборот является элементом строгой системы и выполняет лингвистические и экстралингвистические функции в описании реалий окружающей действительности. Фразеологическая картина мира характеризуется отличительными признаками, среди которых наиболее важными являются универсальность, антропоцентризм, экспрессивность, включающая в себя образность и модальность. Объекты окружающей действительности разными народами осмысливаются не одинаково. В силу этого, специфической является и фразеологическая картина мира для каждого языка, в том числе и французского.

Среди французских фразеологизмов особое место занимают топонимические и ономастические фразеологические единицы.

Фразеологическая единица «c'est la Berezina!» («это Березина!»), возникшая в результате исторического события, связанного с разгромом армии Наполеона русскими войсками при переправе через реку Березину, стала символом полного провала, поражения или катастрофы. Для Франции это событие стало тяжелейшим уроком, трагедией.

Фразеологизмы «une reponse de Normand» (ответ по-нормандски, уклончивый ответ), «agir en Gascon» (действовать по-гасконски, хвастаться, бахвалиться), «de bas Breton» (необтесанный бретонец, некультурный), отражающие национальные черты характера жителей французских провинций, наглядно иллюстрируют специфические особенности территориального разделения Франции.

Во французском языке религиозные фразеологические единицы составляют значительную часть фразеологического фонда. Значение выражения «coiffer Sainte- Catherine» (надеть головной убор на святую Екатерину, достичь двадцатипятилетнего возраста, не будучи замужем) имеет истоки, связанные с религиозными традициями Франции. Со времен Средневековья у молодых незамужних девушек в возрасте 25 лет существовал обычай в День Святой Екатерины 25 ноября украшать голову статуи Святой Екатерины в Париже.

Следует отметить, что культурная информация, хранящаяся во внутренней форме французских фразеологических единиц, является образным основанием и придает устойчивому выражению национально-культурный колорит. Как справедливо сказал английский исследователь Л.П. Смит, фразеологизмы, которые носят национальный характер, «передают запах почвы, на которой они выросли, откуда берут свое начало все формы национального языка и куда для пополнения своих жизненных сил они должны вновь и вновь обращаться» [2].

Французская фразеологическая картина мира в наиболее яркой образной форме выражает дух французского народа, его менталитет, закрепляет культурно-исторический опыт познания мира в виде образных устойчивых оборотов, не столько называющих, сколько оценивающих явления и предметы, действия и состояния. Поэтому французская фразеологическая картина мира содержит не только рациональную, но и эмоциональную информацию о действительности.

Изучение французской фразеологической картины мира будет способствовать лучшему пониманию культуры, традиций и быта французского народа.

Список литературы

1. Вежбицкая А. Языковая картина мира как особый способ репрезентации образа мира в сознании человека // Вопросы языкознания. 2000. № 6. С. 33-38.
2. Смит Л.П. Фразеология английского языка. М.: Учпедгиз, 1959. 208 с.

УДК 81'42

ОТРАЖЕНИЕ ЦЕННОСТНОЙ КАРТИНЫ МИРА В АНГЛИЙСКОМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ТЕКСТЕ

Моисеенко А.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
alesya.moiseenko.2019@mail.ru
Научный руководитель: Маньковская З.В., к.филол.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В лингвистике, психологии и философии под картиной мира в широком смысле понимается отражённое в человеческом сознании представление о мире. Картина мира является отражением главных компонентов сознания человека – нравственного, познавательного и эстетического. Им соответствуют определённые сферы: мораль и право, наука, искусство, а также ценностные ориентации, которые связаны с нормой поведения представителей разных культур и определяют способ мышления и деятельности человека. Ценностная картина мира – понятие, тесно связанное с антропоцентрическим направлением в сфере лингвистических исследований. Лебедев С.А. разделяет картины мира по двум основаниям: по степени общности; по средствам моделирования реальности [1].

Поскольку рассматривается ценностная картина мира, то базовым в данном случае является понятие ценностей. Ценности – это специфические социальные определения объектов окружающего мира, выявляющие их положительное или отрицательное значение для человека. В.А. Ядов выделяет две группы ценностей: терминальные и инструментальные [2].

В научно-исследовательском тексте ценностная картина мира отражается через систему взаимосвязанных оценочных суждений, которые соотносятся с общепринятыми нормами, юридическими и моральными кодексами. В научно-исследовательском тексте ценностная картина мира носит двойственный характер: с одной стороны, она отражает объективную научную реальность, с другой – субъективные взгляды исследователя, которые должны быть обоснованы научно. Это создаёт особую систему ценностей, где личные убеждения

подчиняются общим научным стандартам и критериям. В процессе научной коммуникации происходит взаимодействие различных ценностных систем: общечеловеческих ценностей, профессиональных научных установок и индивидуальных научных приоритетов исследователя. Это создает сложную иерархию ценностей, которая находит отражение в научных текстах через специальные языковые средства и профессиональную терминологию.

Одним из способов выражения авторской идеи является оценка и оценочные суждения. Шкала оценок, определяющая оценочную категоризацию, может иметь различные основания: это может быть чувственный опыт, эмоции человека, а также существующие стандарты. Е.М. Вольф выделяет такие типы оценок, как: положительная/отрицательная/нулевая; субъективная/объективная; рациональная/ эмоциональная [3].

Принято считать, что среди всех типов оценок наиболее значимыми являются рациональная и эмоциональная, поскольку обе используются для научного обоснования и привлечения внимания читателя к проблеме. В качестве материала исследования была взята статья «AI deception: A survey of examples, risks, and potential solutions» авторами которой являются Питер С. Парк, Саймон Голдштейн, Эйдан О'Гара, Майкл Чен, Дэн Хендрикс. Авторы применяют эмоциональную оценку, чтобы передать своё отношение к информации: *This ability to strategically misrepresent information helped Pluribus become the first AI system to achieve* ***superhuman performance****...* Применяя гиперболу «superhuman performance» авторы показывают, какими на самом деле способностями обладает искусственный интеллект. ***Strikingly****, the AI system learned to* ***misrepresent****…* При помощи наречия «strikingly» авторы обращают внимание на тревожный аспект поведения искусственного интеллекта, а эмоциональная окраска в данном случае наталкивает читателя на размышления о рисках использования подобных технологий. Кроме того, употребляя глагол «mispresent» авторы выражают свою негативную оценку поведения искусственного интеллекта. Помимо эмоциональной оценки используется рациональная. *Pluribus demonstrated* ***a clear ability*** *to bluff…* В данном случае авторы используют рациональную оценку, применяя словосочетание «a clear ability», указывающее на очевидность и измеримость результата. Сравнительная рациональная оценка также используется для выявления отличительных качеств ключевых понятий truthfulness\honesty: *In general,* ***it is easier to*** *develop benchmarks for assessing truthfulness than honesty,* ***since****…* Сравнительная рациональная оценка используется также для логической аргументации.

Суммируя, стоит отметить, что в статье подвергается анализу ценностная картина мира, представленная категорией общественного признания (терминальные ценности), а также ответственности и честности (инструментальные), находящие своё отражение в эмоциональной и рациональной оценках. В тексте в количественном соотношении преобладает рациональная оценка, поскольку авторами осуществляется объективный анализ фактов и присутствует доказательность. Анализ научных текстов через призму ценностей позволяет понять глубже не только сами исследования, но и их место в научном сообществе. Данный феномен подчёркивает важность критического подхода к прочтению и интерпретации научной информации, что, в свою очередь, способствует более осознанному взаимодействию людей с наукой и её результатами. Учитывая ценностные аспекты при оценке научных данных, станет возможным обеспечить гармоничное развитие науки в интересах общества.

Список литературы

1. Лебедев С.А. и др. Философия науки. / под ред. С.А. Лебедева: учебное пособие для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Академический Проект; Альма Матер, 2007. 731 с.
2. Вольф Е.М. Функциональная семантика оценки. / Изд. 2-е, доп. М.: Едиториал УРСС, 2002. 280 с.
3. Ядов В.А. Саморегуляция и прогнозирование социального поведения личности: Диспозиционная концепция. / 2-е расширенное изд. М.: ЦСПиМ, 2013. 376 с.

УДК 81'367

КЛИШЕ И ШТАМПЫ КАК ЕДИНИЦЫ ПЕРЕВОДА

Соломатова А.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
asolomatova2002@mail.ru
Научный руководитель: Лагунова М.С., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
lagunova@bmstu.ru

В современном мире коммуникации и перевода, где глобализация и культурный обмен становится все более интенсивным, важность точного и адекватного перевода текста не может быть переоценена. Перевод никогда не осуществляется целостно – текст неизбежно дробится на отрезки. Ключевая задача специалиста – определить минимальную смысловую единицу, подлежащую переводу. Данные единицы первыми вычленяются переводчиком, помогая раскрыть значение высказывания и его контекст. Это привело к формированию понятия «единица перевода», которое Л.С. Бархударов определял следующим образом: «Под единицей перевода мы имеем в виду такую единицу в исходном тексте, которой может быть подыскано соответствие в тексте перевода, но составные части которой по отдельности не имеют соответствий в тексте перевода». Такими единицами могут выступать языковые элементы различных уровней: от фонем и морфем до целых словосочетаний [1].

Как отмечают исследователи, слово редко выступает постоянной единицей перевода, поскольку его значение обычно определяется в контексте словосочетаний. Исключение составляют лишь однозначные термины и прецизионная лексика. При этом слово остается минимальной языковой единицей, способной приобретать коммуникативную функцию в речи.

В переводоведении под единицей перевода принято понимать элемент текста, требующий отдельного переводческого решения. Как подчеркивает В.Н. Комиссаров, такие решения зависят от профессиональных качеств переводчика (языковая компетенция, скорость реакции), условий работы (синхронный или письменный перевод) и типа текста [2].

Особую категорию составляют устойчивые единицы. Хотя исчерпывающий перечень переводческих решений составить невозможно, учет таких устойчивых элементов существенно повышает качество перевода. Штампы и клише представляют для переводчиков особую сложность в связи с тем, что они являются готовыми языковыми конструкциями, которые могут существенно влиять на восприятие и интерпретацию текста.

Штамп представляет собой часто повторяющуюся речевую формулу в устной или письменной речи. Лингвист Р.К. Миньяр-Белоручев в работе «Как стать переводчиком» определяет штамп как «часто повторяющиеся речевые формулы с относительной дисфункциональностью, требующие самостоятельного решения на перевод и выступающие в качестве единиц перевода» [3]. Штампы обеспечивают легкий и краткий способ передачи содержания, но их использование также свидетельствует о недостатке оригинальности. При переводе научных, информационных и публицистических материалов переводчики часто сталкиваются с использованием данных единиц. Они служат необходимым элементом общения, обеспечивая точность. В переводе штампы требуют наличия готовых эквивалентов или поиска замен, способных вызвать адекватную реакцию у адресата. Для иллюстрации приведены следующие примеры:

- «In light of recent developments» – «В свете недавних событий»;
- «As a matter of fact» – «На самом деле»;
- «In the long run» – «В долгосрочной перспективе»;
- «It is important to note that» – «Важно отметить, что».

Одной из проблем перевода штампов является их шаблонность. С целью избежания штампов переводчики зачастую прибегают к оригинальным решениям. Однако не стоит

забывать о сохранении смысловой точности при переводе. Чрезмерное упрощение может исказить содержание.

Клише также являются устойчивыми выражениями, однако они чаще относятся к фразам или конструкциям, которые стали довольно привычными в определенных жанрах или стилях. Согласно В.Н. Комиссарову, «Клише – это готовая речевая формула, оборот речи, стереотипное выражение, которое легко воспроизводится в определённых условиях и контекстах» [2]. Они могут быть как отдельными словами, так и целыми предложениями.

Например:

– «At the end of the day» – используется для подведения итогов или заключений;

– «Bite the bullet» – означает принять трудное решение или сделать что-то неприятное;

– «Break the ice» – используется для описания действия, которое помогает начать разговор или снять напряжение в общении;

Данные единицы перевода являются важными компонентами языка, однако их использование требует осторожности. Для успешного перевода штампов и клише переводчики могут применять различные стратегии, включая дословный перевод, адаптацию и использование аналогов. Они играют значительную роль в процессе перевода, обеспечивая не только сохранение смысловой нагрузки, но и адекватное восприятие текста целевой аудиторией. Они помогают переводчику быстрее и эффективнее выполнять свою работу. Это может быть особенно полезно при работе с большим объёмом текста, при переводе специализированных терминов и устном переводе. Знание штампов и клише помогает переводчику избегать их избыточного использования, что способствует созданию более разнообразного и выразительного текста.

Список литературы

1. Бархударов Л.С. Язык и перевод (Вопросы общей и частной теории перевода). М.: «Междунар. отношения», 1975. 240 с.
2. Комиссаров В.Н. Теория перевода (лингвистические аспекты): учеб. для ин-тов и фак. иностр. яз. М.: Высш. шк., 1990. 253 с.
3. Миньяр-Белоручев Р.К. Как стать переводчиком? М.: Готика, 1999. 176 с.

УДК 81

ЛИНГВОКУЛЬТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЪЯВЛЕНИЙ В АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Танагина С.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
123anagina@gmail.com
Научный руководитель: Маньковская З.В., к.филол.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В лингвокультурной картине мира британцев особое место принадлежит объявлениям, которые отражают нормы поведения. В объявлениях, указателях и табличках которые можно встретить в различных учреждениях проявляется менталитет народа, особенности культуры общения и этические принципы.

Основными функциями таких объявлений являются: информативная, регулятивная, предупредительная и навигационная.

Объявления играют важную роль для рациональной организации пространства. Они способствуют:

– повышению безопасности – (Danger! High voltage – «Опасно! Высокое напряжение»);

– формированию общественного порядка – (Keep right – «Держитесь правой стороны» в метро);

– удобству и навигации – (Information desk – «Информационная стойка»);

– коммуникации туристов – (Baggage claim – «Выдача багажа»).

Можно выделить ключевые особенности их формулировок с точки зрения лингвокультурного анализа. Объявления, помещённые в различных учреждениях, имеют следующие грамматические особенности:

– повелительное наклонение (Keep silence);

– отсутствие глаголов (No entry – вместо Do not enter);

– наличие пассивных конструкций (Visitors are reminded that…).

В лексическом плане для объявлений характерны:

– лаконичность и формальность (Keep off the gras);

– применение устойчивых словосочетаний (Mind the gap) [1];

– особая вежливость (Please do not litter);

– формальность (Enjoy the beach, keep it clean).

В рамках исследования лингвокультурных аспектов объявлений, табличек и вывесок на примере английского языка важно рассмотреть, какие культурные и когнитивные основания обуславливают их формулировку. Одним из ярких национальных признаков Великобритании является уважительное отношение к нормам и законам, что отражается не только в поведении, но и в языке повседневной коммуникации. Законопослушность британцев – это не механическое следование правилам, а часть глубинных культурных установок, в числе которых можно выделить следующие:

– Принцип Позитивного мышления (Positive Thin). Британская культура поощряет использование языка, ориентированного на позитив, даже в ситуациях ограничения или запрета. Это проявляется в формулировках, содержащих не приказы, а просьбы и конструктивные рекомендации. Например, “Children must be accompanied by an adult”;

– Принцип Сохранения «лица» (Face-saving strategy). Следуя концепции социолингвистов П. Браун и С. Левинсона [2], британцы избегают угроз позитивному лицу собеседника. Даже при передаче запрета англоязычная культура стремится избегать прямолинейных императивов, подменяя их более дипломатичными или безличными конструкциями. Например, “Please use the bins provided”. Это позволяет адресату сохранить чувство собственного достоинства;

– Принцип Сотрудничества (кооперации). Коммуникативное поведение британцев также строится в соответствии с Кооперативным Принципом и четырьмя максимами общения Герберта Пола Грайса [3]. Информативные таблички и объявления в Великобритании лаконичны, точны, релевантны и однозначны, что формирует доверительное и рациональное отношения к правилам. Использование краткости и ясности в формулировках предупреждающих или инструктивных текстов формирует доверительное и рациональное отношение к правилам. Например, надпись “CCTV in operation – for your safety” предоставляет информацию (камера работает), поясняет цель (ваша безопасность) и тем самым апеллирует к разуму, а не страху или принуждению.

Таким образом, законопослушность британцев – это не просто следование законам из страха наказания, а результат комплекса социальных, культурных и лингвистических предписаний.

Список литературы

1. Петров И. Mind the gap: безопасность не продаётся // Pulse-UK. URL: https://pulse-uk.org.uk/news/mind-the-gap-bezopasnost-ne-prodaetsya/ (Дата обращения 05.05.2025).

2. Браун П., Левинсон С. Вежливость: некоторые универсалии в языковом употреблении / пер. с англ. М.: URSS, 2012. 312 с.

3. Ширяева Л.В. Нарушение максим коммуникации П. Грайса как стратегия эффективного лекционного дискурса // Молодой ученый. 2013. № 12. С. 499–502.

СЕКЦИЯ «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА И ФИЗИКА»

УДК 519.23

ПОСТРОЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА СВЯЗЕЙ МЕЖДУ УСПЕВАЕМОСТЬЮ ПО РАЗНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ И ПРОГНОЗОМ

Беленко В.О., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
bvo5@bk.ru
Научный руководитель: Полещук О.М., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Анализ успеваемости студентов играет важную роль в управлении образовательном процессом, поскольку позволяет выявлять закономерности между учебными дисциплинами, прогнозировать будущие результаты и управлять ими. В работе для анализа связей между успеваемостью по разным дисциплинам используются статистические методы обработки информации [1].

На основе полученной информации изучалась зависимость успеваемости студентов по теории вероятностей и математической статистике (Y) от успеваемости по математическому анализу в 1-м семестре (X_1), математическому анализу во 2-м семестре (X_2), программированию на языках высокого уровня в 1-м семестре (X_3), программированию на языках высокого уровня во 2-м семестре (X_4) и вычислительной математике в 3-м семестре (X_5).

Выборки по каждой дисциплине включали данные успеваемости 39 студентов.

Этапы работы:

1) определение зависимости между выходными и входными данными;

2) построение модели линейной регрессии и нахождение ее коэффициентов [2];

3) анализ статистической значимости коэффициентов линейной регрессии с помощью t-теста;

4) проверка значимости модели с помощью F-теста;

5) прогноз успеваемости по теории вероятностей и математической статистике.

Методы исследования:

– корреляционный анализ;

– регрессионный анализ;

– проверка статистических гипотез.

Парные коэффициенты корреляции получились такими: 0.73, 0.65, 0.77, 0.71, 0,7 между величинами Y и X_1, Y и X_2, Y и X_3, Y и X_4, Y и X_5 соответственно. Результаты свидетельствует о наличии линейной связи.

Первоначально была получена модель:

$$\hat{Y} = -18.66 + 0.49X_1 + 0.01X_2 + 0.41X_3 + 0.11X_4 + 0.08X_5; \quad (1)$$

где $\hat{Y}$ – модельное значение балла по теории вероятностей и математической статистике;

X_1 ... X_5 – баллы по предметам-параметрам.

После построения каждый отдельный коэффициент проверялся на значимость с помощью t-теста на уровне 0.05, после чего было выявлено, что значимыми параметрами являются только математический анализ 1 семестр (X_1) и математический анализ 1 семестр (X_3). Модель принимает вид:

$$\hat{Y} = -28.82 + 0.55X_1 + 0.79X_2; \quad (2)$$

Оценка значимости модели осуществлялась по критерию Фишера.

Коэффициент детерминации: 0.6739. F-статистика модели равна 37.21, что значительно больше критического значения 3.26 на уровне 0.05. Статистическая значимость модели

доказана и теперь можно использовать модель для прогноза успеваемости. Прогноз имеет вид доверительного интервала. Пример индивидуального прогноза для следующих входных параметров: для $X_1 = 81$ и $X_2 = 66$ истинный Y = 70, модельное значение $\hat{Y} = 67.87$. Прогноз: $Y \in [40.82,\ 94.91]$ при уровне значимости 0.95.

Построенная линейная регрессионная модель является статистически значимой и объясняет основные закономерности успеваемости студентов, позволяя прогнозировать итоговые баллы и выявлять ключевые факторы, влияющие на результаты обучения.

Список литературы

1. Полещук О.М. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики: Учебное пособие. М.: Москва, 2020. 202 с.
2. Яндекс.Лицей. Линейные модели в машинном обучении ГКД: https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/linear-models (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 519.688

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПОИСКА ЧИСЕЛ РАМАНУДЖАНА МЕТОДОМ БРУТФОРС НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Емельяненко Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
eka_kotya@mail.ru
Научный руководитель: Тумор С.В., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Числа Рамануджана представляют собой натуральные числа, которые можно выразить как сумму двух кубов натуральных чисел двумя способами. Формально это можно записать так:

$$n = a^3 + b^3 = c^3 + d^3, \quad (1)$$

где *a, b, c, d* – натуральные числа, а пары *{a, b} и {c, d}* не являются перестановками друг друга.

Наименьшее такое число – 1729, известное благодаря истории о Рамануджане и Харди. Обобщением этих чисел являются числа такси, обозначаемые *Ta(n)*, где n – количество различных способов представления числа в виде суммы двух кубов. Например: $Ta(2)=1729$, $Ta(3)=87539319$, $Ta(4)=6963472309248$ [1].

Для поиска чисел Рамануджана применяются два основных подхода: метод брутфорс и аналитические методы. Метод брутфорс (от англ. «brute force» – грубая сила) заключается в полном переборе всех возможных комбинаций пар кубов для заданного числа. Метод получил широкое применение после появления ЭВМ. Брутфорс применяется не только в математике, но и в криптографии, программировании и других областях. Основные особенности метода брутфорс включают простоту реализации (не требует сложной математики), гарантию результата (если решение существует, оно будет найдено), высокую ресурсоемкость (требует много времени и памяти) и универсальность (применим почти к любым задачам). Преимущества метода заключаются в его 100 % надежности, простоте реализации и отсутствии необходимости в специальных знаниях. Однако он имеет и недостатки: экспоненциальный рост сложности, непрактичность для больших задач и высокие требования к ресурсам.

Метод брутфорс актуален для поиска чисел Рамануджана по нескольким причинам. Во-первых, он не требует сложной математики и использует только базовые арифметические операции, что делает его доступным для широкого круга исследователей. Во-вторых, если число Рамануджана существует в заданном диапазоне, то алгоритм обязательно его найдет. В-третьих, метод эффективен для малых диапазонов. Например, для поиска $Ta(2)=1729$

достаточно перебрать все пары $(a,b) \leq 12$, а для чисел порядка $Ta(3)$ перебор занимает минуты на современном процессоре. Наконец, метод брутфорс остается незаменимым в отсутствие универсальных аналитических методов, которые могли бы найти все числа $Ta(k)$ для произвольного k.

Сравнение метода брутфорс с альтернативными подходами показывает, что аналитические методы, такие как параметризация через эллиптические кривые или алгебраическую геометрию, могут быть экспоненциально быстрее, но применимы только к специальным случаям и требуют глубоких знаний теории чисел. В отличие от них, брутфорс универсален и гарантирует полный результат, но медлителен для больших значений k.

Аналитические методы, такие как параметризация Рамануджана или использование эллиптических кривых, имеют свои ограничения. Например, метод параметризации Рамануджана позволяет найти только подмножество всех чисел Рамануджана и не даёт всех решений для $Ta(k)$ при $k \geq 3$. В то же время эллиптические кривые позволяют находить все представления для конкретного числа, но требуют поиска рациональных точек на кривой, что может быть сложной задачей.

Ключевые выводы заключаются в том, что для малых чисел от $Ta(2)$ до $Ta(5)$ метод брутфорс остается оптимальным выбором благодаря своей простоте и гарантированному результату. Современные оптимизации, такие как параллельные вычисления на GPU, делают его практичным даже для значений $N \approx 10^{12}$ [2]. Выбор же языка Python обусловлен простотой его синтаксиса и относительной быстротой работы самой программы.

Реализация работы алгоритма на языке Python заняла примерно 1,25 секунды. Стоит уточнить, что числа a, b, c, d перебирались от 1 до 34 (что достаточно для поиска первых пяти чисел Рамануджана), иначе, при увеличении диапазона, поиск даже первого числа занял бы около часа.

Для больших чисел, начиная с $Ta(6)$, аналитические методы становятся незаменимыми. Гибридные подходы, сочетающие аналитику и выборочный перебор, представляют собой наиболее перспективное направление.

Числа Рамануджана являются прекрасным примером симбиоза «грубой силы» и математической элегантности. Они напоминают нам, что даже в эпоху суперкомпьютеров простота (брутфорс) часто эффективнее сложных теорий, а красота (аналитика) ведёт к глубинным открытиям. Метод брутфорс в задаче поиска чисел Рамануджана – это не «грубость», а «чистый эксперимент», приближающий нас к пониманию глубинных свойств чисел. Это важно для образования, науки и техники, включая криптографические задачи.

Список литературы

1. Berndt B.C. Ramanujan’s Notebooks. Part I. New York: Springer, 1985. 357 p.
2. Silverman J.H. The Arithmetic of Elliptic Curves. / 2nd ed. V. 106. Graduate Texts in Mathematics. New York: Springer, 2009. 513 p.

УДК 519.688

ОПРОВЕРЖЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ ЭЙЛЕРА МЕТОДОМ БРУТФОРС НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Есаян Т.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
handersonanna@gmail.com
Научный руководитель: Тумор С.В., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Гипотеза Эйлера, предложенная в XVIII веке, утверждает, что для степеней $k \geq 3$ не существует n положительных целых чисел ($n < k$), k–е степени которых в сумме дают k–ю степень другого целого числа, то есть [1]:

$$a^k_1 + a^k_2 + \ldots + a^k_n = b^k,\ n < k, \quad (1)$$

Однако в 1966 году был найден контрпример для $n = 5$, $k = 5$: $27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5$. В данной работе представлен программный комплекс *EulerDisproof*, разработанный для опровержения гипотезы Эйлера методом брутфорса с применением параллельных вычислений на центральном процессоре (CPU) и графическом процессоре (GPU) [2].

Метод брутфорса заключается в последовательном переборе всех возможных комбинаций чисел $a_1, a_2, \ldots, a_n$ в заданном диапазоне (лимит) и проверке выполнения условия (1) [3]. Для оптимизации перебора в программе реализовано условие строгого возрастания: $a_1 < a_2 < \ldots < a_n$. Это исключает дублирующие комбинации (например, 1, 2, 3 и 2, 1, 3), что снижает количество перебираемых вариантов и уменьшает потребление вычислительных ресурсов. Дополнительно применены два подхода для ускорения вычислений. Для ускорения вычислений в программе реализованы следующие подходы: использование хэш-таблиц для поиска совпадений на CPU, а также параллельные вычисления на GPU с применением библиотеки CuPy. Хэш-таблица хранит предварительно вычисленные значения (d^k) (где d – целое число, k – степень), что позволяет сократить время поиска совпадений. На GPU вычисления проводятся в пакетном режиме: массив комбинаций преобразуется в матрицу, после чего применяется векторизация для одновременного возведения чисел в степень и вычисления сумм. Программа *EulerDisproof* написана на языке Python с использованием библиотек CuPy для параллельных вычислений на GPU и NumPy для эффективной работы с массивами данных. Важной особенностью программы является поддержка нескольких видеокарт: *EulerDisproof* распределяет задачи между доступными GPU, теоретически поддерживая бесконечное количество видеокарт. Это позволяет масштабировать вычисления до уровня суперкомпьютеров, распределяя нагрузку пропорционально числу устройств.

Программа *EulerDisproof* демонстрирует высокую производительность: на тестовом оборудовании (CPU i9-13900K и GPU RTX 4090) достигнута скорость перебора 5 миллионов комбинаций в секунду при использовании GPU и хэш-поиска. Например, для $n = 5$, $k = 5$, лимит 300, программа подтвердила известный контрпример $27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5$. Для оценки производительности на нескольких видеокартах были проведены тесты с четырьмя GPU, где нагрузка распределялась равномерно, что увеличило скорость перебора на 280 % по сравнению с одной видеокартой (с 5 миллионов до 19 миллионов комбинаций в секунду). Оптимизация за счёт условия $a_1 < a_2 < \ldots < a_n$ позволила дополнительно снизить время вычислений на 30 % по сравнению с перебором без ограничений, что делает программу более эффективной при работе с большими диапазонами чисел.

Разработанный программный комплекс демонстрирует эффективность брутфорса в сочетании с современными вычислительными технологиями. Он не только подтверждает известные результаты, но и предоставляет инструмент для дальнейших исследований в области сумм степеней. *EulerDisproof* может быть адаптирован для проверки других математических гипотез, связанных с комбинаторными задачами, что делает его универсальным инструментом для численных экспериментов.

Список литературы

1. Euler’s Sum of Powers Conjecture // Wikipedia, the Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%27s_sum_of_powers_conjecture (Дата обращения 24.04.2025).
2. Lander L.J., Parkin T.R. Counterexample to Euler’s Conjecture on Sums of Like Powers // Bulletin of the American Mathematical Society. 1966. V. 72. № 6. Pp. 1079–1081.
3. Кудрявцев В.Б. Элементы теории чисел: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2002. 208 с.

УДК 621.438

ВЗРЫВНОЙ ГАЗОТУРБОВАЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Меркулов А.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Завитаев Э.В., д.ф.-м.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

В конце первой четверти 21 века автопромышленные международные корпорации (GM, Ford, Mercedes, Volvo, Jaguar, Land Rover) начали массово отказываться от разработки, совершенствования и производства бензиновых и дизельных двигателей. Это было обусловлено чрезмерно высокими затратами на доводку моторов под стандарты «Евро-7» (Евро–7 – экологический стандарт ЕС для автотранспорта).

В связи с этим была поставлена цель разработать принципиально новый подвид ГТД (ГТД – газо-турбовальный двигатель) для применения в качестве двигательной установки на наземном транспорте, который превосходил или соответствовал по своим характеристикам аналогичным двигателям классической компоновки предпоследнего или последнего поколения (последнее поколение бензиновых и дизельных автомобильных двигателей будут выпущены до 2035 года).

Работа современного ГТД основана на цикле Брайтона (цикл Брайтона – термодинамический цикл, работающий по принципу: изоэнтропическое сжатие – изобарическое расширение – изоэнтропическое расширение – изобарическое сжатие). Данный цикл реализован следующим образом: компрессор сжимает воздух, поступающий из окружающей среды, сжиженный воздух поступает в камеру сгорания, где перемешивается с топливом и поджигается, получившуюся кинетическую энергию в результате горения газовая смесь передаёт на лопатки крыльчатки, которая, в свою очередь, преобразовывает её в механическую энергию вращения ротора и передаёт на вал съёма мощности (вал съёма мощности – вал который тем или иным способом подключается к трансмиссии) [1].

Рабочий цикл детонационного ГТД реализован следующим способом: перед компрессором в воздух впрыскивается топливо, в компрессоре газовая смесь (смесь воздуха и топлива) сжимается, сжиженная газовая смесь поступает в сопло, где продолжает сжатие до 17–19 атм., в критическом сечении сопла (наименьшее сечение сопла) смесь детонирует, детонационная волна, подпираемая набегающим газовым потоком устремляется по пути наименьшего сопротивления к выходу из сопла к крыльчатки съёма мощности, в результате удара детонационной волны об лопатки крыльчатки кинетическая энергия детонационной волны преобразовывается в механическую энергию вращения ротора и передаёт на вал съёма мощности [2].

При сравнении детонационного ГТД с аналогичными по мощностям двигателями классической компоновки предпоследнего или последнего поколения выходит, что детонационный ГТД имеет: до 25 % экономии топлива, габариты до 40 % меньше, количество деталей (деталями считаются все элементы, из которых состоит мотор) до 75 % меньше, до 50 % меньше вредных выбросов, меньшую стоимость изготовления.

Подводя итог всего написанного выше, можно сделать вывод о том, что детонационный ГТД имеет больший потенциал по сравнению с классическими двигателями. На данный момент авторами изготавливается прототип ГТД с применением технологий FDM-печати и вакуумного литья.

Список литературы

1. Скубачевский Г.С., Авиационные газотурбинные двигатели конструкция и расчёт. М.: Гос. изд-во оборонной пром-ти., 1955. 547 с.
2. Чумаков Ю.А. Теория и расчёт транспортных газотурбинных двигателей. М.: Инфра-М, 2023. 447 с.

УДК 621.452.22

ГИПЕРЗВУКОВОЙ ПРЯМОТОЧНЫЙ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С НУЛЕВОЙ СКОРОСТЬЮ СТАРТА

Меркулов А.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Соболев А.А., студент
vendella@yandex.ru
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Завитаев Э.В., д.ф.-м.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Специфика современных ПВО требует от аппаратов уход в гиперзвуковой диапазон скоростей. Единственный тип двигателей эффективный в данном диапазоне – это гиперзвуковые прямоточные воздушно-реактивные двигатели (далее ГПВРД). ГПВРД как тип двигателя имеет две важные проблемы в эксплуатации:

1) скорость старта в 4.5 М (число Маха);
2) впрыск топлива и устойчивость горения топлива в гиперзвуковых режимах.

Данный проект рассматривает обе проблемы:

1. Скорость старта классического не гибридного ГПВРД – 4.5 М, что требует использования дополнительных типов двигателей в виде жидкостных реактивных и/или ракетных твёрдотопливных двигателей, обладающих низким удельным импульсом для разгона. В данном проекте предлагается реализовать горение в системе ударных волн, создаваемых с помощью системы резонансных труб и рупоров, способной рекуперировать часть энергии сгорания на сжатие воздуха для горения подобно устройству классического турбореактивного двигателя. Происходит горение по скорости протекания окисления промежуточно между взрывным и детонационным, с ограничением скорости горения скоростью смешивания с топливом. Расчетный импульс в диапазоне 0 – 4.7М в зависимости от скорости на углеводородном топливе варьируется в диапазоне 7500–14000 кг·м/с.

2. В гиперзвуковых режимах труднореализуем равномерный впрыск топлива в поток и, как следствие, низкостабильное горение. В этих режимах не используются ударные волны, часть рупоров и труб. В данной схеме рупор, расположенный в сопловой части двигателя, начинает работать как заборник выходных газов. Направляясь по трубе, выходной газ смешивается с топливом, полностью его газифицируя и частично окисляя остаточным кислородом. Далее поток разбивается на несколько десятков мелких струй с разницей в скорости с набегающим потоком в 200–300 м/с происходит струйно-ламинарная подача в набегающий поток в районе воздухозаборника, что порождает трение потоков. По мере разрушения потока трением и горением поверхностного слоя процесс идет экспоненциально, что означает почти мгновенное равномерное смешение в камере сгорания.

Данный проект реализуем на существующих материалах, единственное нестандартное решение в вопросах материаловедения в данном проекте – это использование на кромках CVD алмаза, покрытого нитридом титана. Такое покрытие отражает большую часть тепла. Алмаз, обладая теплопроводностью в 2000 Вт/м·К, позволяет отводить неотраженное тепло от тонкой кромки, что дает возможность применять кромки радиусом в единицы, а не в десятки миллиметров. Последнее обстоятельство увеличивает аэродинамическое качество в 1,5–2 раза [1,2].

Список литературы

1. Федоров А.В., Фомин П.А., Тропин Д.А. Простая кинетика и структура детонационной волны в метановоздушной смеси // Физика горения и взрыва. 2014. Т. 50. № 1. С. 97-106.
2. Быковский Ф.А. Ждан С.А., Ведерников Е.Ф. Параметры непрерывной детонации смесей метан/водород-воздух при добавлении воздуха в продукты сгорания // Физика горения и взрыва. 2020. Т. 56. № 2. С. 83-94. DOI 10.15372/FGV20200211.

СЕКЦИЯ «ПЕДАГОГИКА, ПСИХОЛОГИЯ, ПРАВО, ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ»

УДК 101

ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ КОНТЕКСТЕ

Лебедев К.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
kirilllebedev2834@gmail.com
Научный руководитель: Фалько В.И., к.филос.н, доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
vfalco@yandex.ru

Статья посвящена исследованию философских оснований теории вычислений в свете современных научных и технологических достижений. В условиях стремительного развития информатики и искусственного интеллекта возникает необходимость осмысления основных понятий и принципов, на которых базируется теория вычислений. Особое внимание уделяется влиянию философских традиций, включая аналогии с метафизикой, эпистемологией и онтологией, на формирование современных представлений о вычислении. Статья также рассматривает актуальные дискуссии о роли вычисления в человеческом познании и его последствиях для понимания сознания и интеллекта.

Философия искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) исследует фундаментальные вопросы о природе разума, сознания и этических последствиях технологий.

ИИ демонстрирует способность к обработке данных, обучению и прогнозированию, но лишён сознания, эмоций и самосознания. Философы подчёркивают, что машинное обучение основано на алгоритмах и данных, а не на творческом мышлении. МО рассматривается как инструмент, а не как форма интеллекта. Его методы (обучение с учителем, без учителя, с подкреплением) позволяют выявлять закономерности, но не обеспечивают понимания контекста. Философы сравнивают МО с человеческим познанием, отмечая, что машины не обладают интуицией или критическим мышлением [1].

Философия ИИ ставит вопросы об ответственности за решения систем, правах автоматизированных существ и границах их взаимодействия с человеком. Гносеология МО исследует, как машины формируют знания, но подчёркивает, что их «обучение» остаётся алгоритмическим процессом, лишённым субъективного опыта.

Развитие ИИ и МО стимулирует переосмысление классических концепций. Эпистемология – переосмысление природы знания в цифровую эпоху. Антропоцентризм – пересмотр границ между человеческим и машинным разумом. Этика – дискуссии о правах ИИ и этических ограничениях его применения.

Философия ИИ остаётся динамичной областью, которая адаптируется к технологическим достижениям, но сохраняет фокус на фундаментальных вопросах о сознании, свободе воли и месте человека в мире машин.

Развитие искусственного интеллекта и машинного обучения радикально переосмысливает ключевые философские концепции, бросая вызов традиционным представлениям о человеческой уникальности и природе сознания.

ИИ подрывает классическое различие между человеком и машиной, сформировавшееся в XVII веке. Традиционно считалось, что только люди обладают интеллектом, сознанием и творчеством, в то время как машины воспринимались как детерминированные системы. Современные нейросети, способные к автономному обучению и генерации гипотез, демонстрируют, что интеллект может быть реализован и вне биологических организмов. Это заставляет пересмотреть понятия агентности, свободы и истории как исключительно человеческих атрибутов.

Философские основы ИИ уходят корнями в логику Аристотеля и Джорджа Буля, которые заложили основы для формализации рассуждений. Однако современные системы МО выходят за рамки формальной логики:

– метакогнитивная осведомленность – ИИ оценивает уровень уверенности в своих выводах и выявляет пробелы в знаниях;

– динамическое тестирование гипотез – вместо пассивной обработки данных системы генерируют и проверяют новые идеи, что перекликается с философскими методами эмпиризма;

– автономия – системы принимают решения без прямого вмешательства человека, что требует пересмотра концепции моральной ответственности.

– этическая агентность – ИИ должен не только следовать правилам, но и оценивать последствия своих действий, что требует интеграции философских схем в алгоритмы.

Пример: маркетинговые ИИ учитывают не только краткосрочные цели (например, клики), но и долгосрочные стратегии, балансируя между ценностью бренда и лояльностью клиентов [2].

Решение противоречий, связанных с ИИ, невозможно без интеграции философии с технологиями, правом и социальными науками. Например, разработка этических стандартов для ИИ требует:

1) критического анализа – выявления скрытых предпосылок в алгоритмах;

2) нормативного руководства – формирования ценностных ориентиров для систем;

3) междисциплинарного сотрудничества – объединения технических и гуманитарных подходов.

Таким образом, ИИ и МО не только трансформируют технологии, но и становятся катализатором переосмысления фундаментальных философских концепций, от сознания до этики, что требует переоценки роли человека в цифровую эпоху [3]. Риски сведения социальных и биологических процессов к алгоритмическим схемам, игнорирующим эмерджентные свойства систем.

Развитие теории вычислений продолжает трансформировать философское понимание соотношения между математической абстракцией, физической реализацией и социальной практикой. Современный этап характеризуется синтезом строгих формальных методов с междисциплинарными приложениями, которые ставят под сомнение традиционные границы научного знания.

Список литературы

1. Лебедев С.А. Философия науки: учебное пособие для магистров / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2015. 296 с.
2. Ушаков Е.В. Философия и методология науки: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2020. 392 с.
3. Липкин А.И. и др. Философия науки: учебник для вузов / под редакцией А.И. Липкина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 512 с.

УДК 122

ВЫЧИСЛЕНИЯ И СОЗНАНИЕ: АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ ТЬЮРИНГА И СЁРЛА В КОНТЕКСТЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Миронов Н.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
mironovn.a.@mail.ru
Назаров Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
denis.nazaro.1000iaz@mail.ru
Научный руководитель: Тихвинский П.Н., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Космический»
tihvinskiy@bmstu.ru

В работе исследуется теоретическая взаимосвязь между вычислительными системами и феноменом сознания с акцентом на фундаментальные идеи Алана Тьюринга и Джона Сёрла. Анализируются ключевые концепции вычислительной теории сознания, включая тест Тьюринга и аргумент «китайской комнаты» Сёрла. Рассматриваются философские и методологические противоречия между функционалистским подходом Тьюринга и биологическим натурализмом Сёрла в контексте современных исследований когнитивных функций и природы сознания.

Алан Тьюринг в своей знаменитой статье «Вычислительные машины и разум» (1950) предложил операциональный метод определения наличия мышления у машины – тест, позднее названный его именем. Согласно этому тесту, если человек в ходе коммуникации не может отличить ответы машины от ответов человека, то машину следует считать мыслящей. Ключевые аспекты подхода Тьюринга включали:

1) функционалистская позиция – разум определяется не субстратом, а функциональной организацией. Тьюринг утверждал, что «если машина может думать так же, как человек, то неважно, из чего она сделана»;

2) концепция универсальной машины – любой алгоритм может быть реализован на машине Тьюринга, что теоретически позволяет моделировать любые когнитивные процессы;

3) имитационный подход к интеллекту – способность имитировать интеллектуальное поведение рассматривается как достаточное условие наличия мышления [1].

Тьюринг предвосхитил многие возражения против возможности мыслящих машин, включая «аргумент от сознания», который позже был развит Сёрлом. Он считал, что со временем технологический прогресс позволит создать машины, неотличимые от людей в интеллектуальном плане.

Джон Сёрл в 1980 году предложил мысленный эксперимент «китайская комната», направленный против сильного искусственного интеллекта и функционалистского подхода Тьюринга. Согласно этому эксперименту, человек, не знающий китайского языка, находится в комнате с руководством по манипуляции китайскими символами и отвечает на вопросы на китайском языке, следуя инструкциям. Внешний наблюдатель может решить, что комната «понимает» китайский, хотя находящийся внутри человек не имеет такого понимания.

Основные положения аргументации Сёрла.

1. Синтаксис не порождает семантику: манипуляция символами по правилам (вычисления) не создает понимания и смысла.

2. Биологический натурализм: сознание и интенциональность являются биологическими феноменами, порождаемыми нейрофизиологическими процессами в мозге.

3. Различие между «сильным» и «слабым» ИИ. Сёрл признает возможность симуляции когнитивных процессов («слабый ИИ»), но отрицает возможность создания подлинного понимания и сознания через вычисления («сильный ИИ»).

4. Перволичностная онтология сознания – субъективный опыт не редуцируем к объективным физическим описаниям.

Противоречие между подходами Тьюринга и Сёрла отражает фундаментальное философское разногласие о природе сознания.

1. Функционализм (Тьюринг) – ментальные состояния определяются их функциональной ролью в когнитивной системе, независимо от физической реализации. Согласно этому подходу, достаточно сложная вычислительная система может обладать сознанием.

2. Биологический натурализм (Сёрл) – сознание возникает в результате специфических биологических процессов в мозге и не может быть реализовано посредством чисто вычислительных операций. Сознание, по Сёрлу, является эмерджентным свойством мозга, подобно пищеварению для желудка [2].

В современной философии сознания и когнитивной науке идеи Тьюринга и Сёрла получили дальнейшее развитие.

1. Концепция «встроенного» и «воплощенного» (embodied) познания – в противоположность чисто функционалистскому подходу Тьюринга, некоторые исследователи подчеркивают важность телесного контекста для когнитивных процессов, что частично согласуется с позицией Сёрла.

2. Теория интегрированной информации (Integrated Information Theory) Джулио Тонони – сознание возникает в результате интеграции информации в сложных системах, что представляет собой попытку найти компромисс между вычислительным подходом и биологическим натурализмом.

3. Нейрокомпьютационные модели сознания – современные исследования предлагают более сложные вычислительные модели, учитывающие специфические нейробиологические механизмы, что можно рассматривать как попытку преодолеть разрыв между позициями Тьюринга и Сёрла [3].

Идеи Тьюринга и Сёрла продолжают определять дискуссию о взаимосвязи между вычислениями и сознанием. Хотя их позиции часто представляются как противоположные, современные исследования предлагают возможные пути синтеза этих подходов. Функционалистский подход Тьюринга стимулировал развитие искусственного интеллекта и когнитивных наук, в то время как критика Сёрла подчеркнула важность биологических основ сознания и проблему квалиа.

Список литературы

1. Turing A. Computing machinery and intelligence // Mind. Oxford: Oxford University Press, 1950. No. 59. Pp. 433-460.
2. Сёрл Дж. Разум мозга – компьютерная программа? // В мире науки. М.: Мир, 1990. № 3. С. 7-13.
3. Хофштадтер Д. Глаз разума. М.: Изд. Бахрах, 2003. 426 с.

УДК 378.1

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НОВОЙ ПАРАДИГМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Москвичев И.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
moskvichev_i@bk.ru
Научный руководитель: Тихвинский П.Н., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
tihvinskiy@bmstu.ru

В работе рассматриваются ключевые направления новой парадигмы высшего образования в России, формирующейся в условиях глобальных изменений и вызовов XXI века. Анализируются основные тенденции, такие как цифровизация образовательного процесса, интеграция науки и образования, междисциплинарный подход, а также акцент на практической ориентированности и компетентностном подходе. Обсуждаются инициативы Государственной программы развития образования, направленные на модернизацию учебных планов и повышение качества подготовки специалистов.

Ключевые тенденции новой парадигмы высшего образования в России на 2025 год включают следующие направления: использование искусственного интеллекта (ИИ) в мультимодальной педагогике. Технологии генеративного ИИ, которые работают с текстом, изображениями, музыкой и видео, позволяют активировать разные каналы восприятия и персонализировать обучение. Более половины российских образовательных инноваторов и значительная часть студентов поддерживают интеграцию ИИ в образовательный процесс, что способствует повышению эффективности усвоения знаний [1].

Иммерсивное обучение и виртуальная реальность (VR/AR). Эти технологии создают новые возможности для интерактивного и глубокого погружения в учебный материал, расширяя образовательный опыт студентов и делая обучение более наглядным и увлекательным. Современная парадигма смещается в сторону индивидуализации, когда учебные программы адаптируются под потребности и способности каждого студента, что повышает мотивацию и качество образования. Это включает в себя создание гибких курсов, модулей и программ [2].

После реформы высшего образования в России ожидаются следующие ключевые изменения.

1. Отмена традиционного деления на бакалавриат и магистратуру. Вместо них вводятся три новых уровня образования.

2. Базовое высшее образование (аналог бакалавриата и специалитета) продолжительностью от 4 до 6 лет в зависимости от направления и специализации.

3. Специализированное высшее образование (включает магистратуру, ординатуру, ассистентуру-стажировку) с обучением от 1 до 3 лет.

Пилотный период и постепенное внедрение. С 2023 по 2026 год проводится апробация реформы в шести ведущих вузах России, после чего новая система будет распространена на все университеты страны. Студенты, начавшие обучение по старым программам, смогут закончить его без перехода на новые стандарты.

Преимущества новой системы высшего образования для студентов включают:

Индивидуализация образовательных траекторий. Студенты смогут самостоятельно формировать свой учебный маршрут, выбирая курсы и программы в соответствии со своими интересами и карьерными целями, что повышает мотивацию и вовлечённость в обучение.

Гибкость сроков обучения. Продолжительность программ будет зависеть от направления и квалификации, что позволит студентам учиться быстрее или глубже в зависимости от потребностей.

Практическая ориентированность. Образовательные программы будут включать стажировки, проекты и практические занятия, что улучшит подготовку к реальным условиям работы и повысит конкурентоспособность на рынке труда.

Экономия средств. Сокращение сроков обучения и возможность бесплатного получения базового и специализированного образования снизят финансовую нагрузку на студентов и их семьи.

Поддержка научной деятельности. Бесплатное специализированное образование стимулирует подготовку научных и научно-практических кадров, что открывает дополнительные карьерные перспективы.

Интеграция цифровых технологий и онлайн-обучения. Использование современных образовательных платформ и дистанционных форматов позволит совмещать учёбу с практикой и расширит доступ к качественному образованию.

Роль преподавателя как наставника и ментора. Преподаватели будут поддерживать студентов в учебе и выборе карьерного пути, что создаст более комфортную и эффективную образовательную среду.

Таким образом, новая система образования создаёт более гибкие, персонализированные и практико-ориентированные условия для обучения, расширяет возможности получения квалификаций и повышает конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

Список литературы

1. Указ «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» от 12 мая 2023 года. URL: http://www.kremlin.ru/acts/news/71118 (Дата обращения 05.05.2025)
2. Дёмина О.А., Тепленёва И.А. О трансформации методического мышления преподавателей вузов // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 7. С. 156-167. DOI: https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-7-156-167.

УДК 608

НЕВИДИМЫЙ ФРОНТ: ВКЛАД «МОЛОДОЙ ГВАРДИИ» В БОРЬБУ С ФАШИСТСКИМИ ОККУПАНТАМИ

Тодорчук О.Ю., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Todor20oleg@mail.ru
Научный руководитель: Шишов В.Е., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
veshishov@bmstu.ru

Актуальность изучения подвига молодогвардейцев обусловлена двумя ключевыми аспектами: исторической значимостью и патриотическим примером. Попытки недоброжелателей нашего Отечества переписать историю до сих пор привлекают внимание людей разных стран и возрастов. Нам, как потомкам людей, одержавших победу над фашизмом, стоит не только помнить и чтить их подвиг, но и не позволить очернить его.

«Молодая гвардия» – подпольная антифашистская организация, действовавшая в годы Великой Отечественной войны в оккупированном Краснодоне. Их самоотверженная борьба с немецкими оккупантами, заключающаяся в распространении листовок, проведении диверсий и сборе оружия для Красной армии стала важным вкладом в сопротивление фашизму. Несмотря на юный возраст подпольщиков, они массово проявляли мужество и самоотверженность, став одним из символов героизма и патриотизма советского народа.

Организация была создана вскоре после начала оккупации города войсками фашистской Германии в середине лета 1942 г. Организация изначально насчитывала пятьдесят человек, а позже расширилась вплоть до ста. В начале 1943 года немцам и полицаям удалось

схватить семьдесят одного человека: сорок семь юношей и двадцать четыре девушки. Самому младшему было четырнадцать лет, многим из них так и не исполнилось девятнадцати.

Летом 1942 года в городе начали стихийно складываться подпольные группы, которые в конце сентября смогли объединиться в единую организацию, которой дали название «Молодая гвардия». Многие из участников до войны учились в местной школе №4. Сразу же был организован штаб подпольщиков, в который сначала вошли: В. Левашов, Г. Арутюнянц и С. Тюленин. Позже к ним присоединились: У. Громова, О. Кошевой и Л. Шевцова. Роль комиссара молодогвардейцев взял на себя Виктор Третьякевич, а одним из командиров организации стал 22-летний лейтенант Иван Туркенич, оказавшийся в городе после побега из немецкого плена. Деятельностью подростков управляли члены взрослого подполья (например, под руководством партийной группы во главе с Филиппом Лютиковым). Основной целью деятельности молодогвардейцев была борьба с фашистскими оккупантами. Подполье просуществовало четыре месяца, но этого времени было достаточно, чтобы дестабилизировать оккупационную власть в области [1].

Основными методами пропаганды и агитации подпольной организации «Молодая гвардия» были:

– распространение антифашистских листовок с информацией о реальном положении дел на фронте, сводками Совинформбюро и призывами к сопротивлению немецким оккупантам. За время деятельности было выпущено около 30 листовок общим тиражом более пяти тысяч экземпляров, которые печатались в подпольной типографии организации и расклеивались по городу;

– проведение символических акций: например, в канун годовщины Октябрьской революции в 1942 году молодогвардейцы водрузили восемь красных флагов на самых высоких зданиях Краснодона и прилегающих посёлков, что стало яркой демонстрацией советского духа и сопротивления в оккупированном городе. По показаниям очевидцев-жителей города, именно такие события являлись наисильнейшей поддержкой морального духа граждан, видя знамена, жители города понимали, что о них помнят, и сопротивление фашистскому зверю продолжается;

– поджоги и диверсии, направленные на подрыв немецкой оккупационной инфраструктуры (в том числе саботажи производственного оборудования, вывод из строя фабричной и заводской техники). Предотвращение угона скота в Германию. В начале декабря 1942 года молодогвардейцами был сожжен биржевой дом (в народе, «черная биржа») в котором хранились списки и рабочие карточки «Аусвайс» на жителей города, предназначенных к угону в рабство в Германию. Эта диверсия спасла жизни нескольких тысяч советских людей.

Однако молодогвардейцами планировались и другие операции, которые так и не были осуществлены ввиду различных обстоятельств. Например, на заседании штаба организации во второй половине декабря 1942 г. был разработан детальный план по подрыву здания дирекциона, в котором проводилось новогоднее мероприятие для немецких чиновников и офицеров, а также полицаев [2].

Память и сохранение исторической правды. Несмотря на противоречия и сложные моменты в истории организации, подвиг молодогвардейцев остается предметом глубокого интереса историков и широкой общественности. Память о них поддерживается памятными мероприятиями, мемориалами и литературными произведениями, что способствует сохранению исторической правды и национальной гордости.

Символика и культурное наследие. Подвиг молодогвардейцев стал символом Великой Победы и стойкости народа в борьбе с фашизмом. Их подвиг отражен в литературе, кинематографе и общественном сознании, что подчеркивает его культурную и идеологическую значимость [3].

В заключении хотелось бы отметить, что вклад «Молодой гвардии» в борьбу с немецко-фашистскими оккупантами, хоть и не измеряется стратегическими победами, но являет собой

важнейшую веху в контексте идеологического противостояния. Изучение подвига юных героев, отдавших жизни за свободу и независимость нашей Родины, выступает в качестве действенного инструмента предотвращения любых попыток фальсификации отечественной истории. «Молодая гвардия», действуя в глубоком подполье, вселяла веру в нашу победу десяткам тысяч жителей Краснодонщины. Их мужество и героизм перед лицом беспощадного врага – это пример великого служения своей Родине и правильный нравственный ориентир для всех последующих поколений молодых людей нашей страны.

Список литературы

1. Молодая гвардия. Документы. URL: https://www.molodguard.ru/doc198.htm. (Дата обращения 05.05.2025).
2. Дружинина А.В. Молодая гвардия: литературный образ и документальные свидетельства. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/molodaya-gvardiya-literaturnyy-obraz-i-dokumentalnye-svidetelstva/viewer. (Дата обращения 05.05.2025)
3. Петрова Н.К. «Молодая гвардия» (г. Краснодон) – художественный вымысел и историческая реальность: сб. док. и материалов. / Гос. арх. служба РФ, Ин-т Рос. истории РАН, Рос. гос. арх. соц.-полит. истории, Рос. гос. арх. новейшей истории; Отв. сост. Н.К. Петрова. М.: Вече, 2003. 368 с.

УДК 377.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Убайдуллаева Д.Ф., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
ubaydullaeva.del@gmail.com
Научный руководитель: Тихвинский П.Н., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
tihvinskiy@bmstu.ru

В статье проводится систематизация подходов и инструментов для анализа готовности образовательных учреждений к реализации программ профессионального обучения. Рассматриваются ключевые компоненты организационной готовности, такие как материально-техническое обеспечение, кадровый потенциал, методические ресурсы и организационные структуры. Особое внимание уделяется методам сбора и анализа данных, а также критериям оценки, позволяющим выявить сильные и слабые стороны образовательной организации.

Методика оценки включает в себя критерии, показатели и инструменты, позволяющие руководству и управленческим командам принимать обоснованные решения для успешного внедрения изменений [1]. Основные комплексные методы оценки организационной готовности образовательной организации профессионального обучения имеют важное значение для эффективного управления изменениями и повышения качества образовательного процесса. Основные значения этих методов заключаются в следующем:

Прогнозирование успешности изменений. Оценка позволяет определить степень готовности организации к изменениям, что помогает прогнозировать эффективность и результативность внедряемых нововведений, а также выявлять возможные риски и направления для корректировки стратегии изменений.

Планирование управленческих действий. Анализ организационной готовности служит основой для разработки конкретных управленческих решений и планов по внедрению изменений, что обеспечивает системный и последовательный подход к развитию образовательной организации.

Диагностика состояния организации. Методы оценки позволяют определить текущее состояние организации, уровень сформированности её организационной культуры и способность коллектива адаптироваться к инновациям, что важно для поддержания устойчивого развития и конкурентоспособности.

Исследование факторов влияния. Оценка помогает выявить внутренние и внешние факторы, влияющие на готовность к изменениям, что способствует более глубокому пониманию процессов и позволяет корректировать управленческие подходы с учётом специфики образовательной организации.

Поддержка инновационной деятельности. Оценка готовности способствует формированию условий для успешного внедрения инноваций и повышения профессионального уровня педагогического коллектива, что напрямую влияет на качество профессионального обучения [2]. Цели оценки организационной готовности:

- начальный анализ для определения степени готовности к изменениям и прогнозирования эффективности изменений;
- анализ готовности в процессе управления для планирования конкретных действий;
- оценка текущего состояния организации и уровня организационной культуры;
- исследование факторов, влияющих на готовность к изменениям.

Критерии и показатели оценки. Методика предлагает матрицу критериев и показателей, которые могут включать:

- степень мобилизации всех ресурсов организации для достижения целей;
- потенциальная, динамическая (процессуальная) и результирующая готовность;
- внешние и внутренние факторы, включая политические, психологические;
- организационно-управленческие и социальные аспекты;
- сформированность организационной культуры, эффективность управления, качество образовательного процесса.

Особенности методики для профессионального обучения. Для профессиональных образовательных организаций (ПОО) дополнительно выделяются три интегральных показателя готовности:

- нормативная готовность (соответствие нормативным требованиям);
- управленческая готовность (эффективность системы управления);
- ресурсная готовность (наличие необходимых кадров, материально-технических финансовых ресурсов).

Методика самообследования ПОО включает описание процедуры, критерии и показатели [3].

Практическое применение. Методика предназначена для использования руководителями, административными командами, педагогами и рабочими группами, ответственными за внедрение изменений и инноваций в образовательной организации. Она помогает:

- определить сильные и слабые стороны организации;
- сформировать стратегию и план действий по внедрению изменений;
- оценить риски и факторы, влияющие на успешность изменений;
- повысить уровень организационной культуры и адаптивности к изменениям.

Таким образом, методика оценки организационной готовности образовательной организации к профессиональному обучению – это системный подход, обеспечивающий комплексный анализ и поддержку управленческих решений для успешного развития и модернизации образовательного процесса.

Список литературы

1. Сандермоен Ш., Адизес И. Организационная структура. Реализация стратегии на практике. М.: Альпина Паблишер. 2020. 224 с.

2. Олянич Д.Б. Теория организации: учебник / Д. Б. Олянич [и др.]. Ростов-на-Дону: Феникс. 2008. 408 с.
3. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / пер. с англ, под ред. Ю. II. Каптуревского. СПб.: Питер, 2004. 512 с.

УДК 113

ВЫРАЖЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КАТЕГОРИЙ В ТВОРЧЕСТВЕ М.М. ПРИШВИНА

Шлома А.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
artem.shloma@inblox.ru
Научный руководитель: Фалько В.И., к.ф.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
vfalco@yandex.ru

Выражение категорий времени и пространства в творчестве Михаила Михайловича Пришвина является одной из ключевых особенностей его художественного мира и философского восприятия бытия. В основе философского понимания времени Пришвиным лежат идеи цикличности (космическое время, связанное с природными циклами) и линейности (историческое, человеческое время). Время у него одновременно и циклично, и линейно, что отражает движение жизни и природы.

В творчестве Пришвина пространство и время – не просто фоновые параметры, а сущностные категории, через которые раскрывается человеческое бытие и мироощущение. Они взаимосвязаны и образуют единый хронотоп – художественное пространство-время, в котором развивается сюжет и формируется образ человека.

Хронотоп у Пришвина – это не статичное, а динамичное, многомерное пространство, в котором время уплотняется и становится зримым, а пространство вовлекается в движение времени и сюжета. Время и пространство взаимно осмысляются и измеряются друг другом.

В повести «Кладовая солнца» Пришвин использует категории времени и пространства для создания особой атмосферы, где природное пространство тесно связано с течением времени, сменой времён года, суток, что усиливает ощущение единства человека с природой [1].

В творчестве М.М. Пришвина категории времени и пространства выражены через конкретные художественные приёмы и образы, которые создают особую атмосферу единения человека с природой и подчёркивают цикличность жизни. Время суток, смена дня и ночи играют важную роль: действие начинается в предрассветный час, когда Настя встает «задолго до солнца», что символизирует начало нового жизненного этапа и пробуждение природы. Временные характеристики проявляются в описании смены времён года, что отражает цикличность природного времени и подчёркивает связь человека с природой.

Время в повести часто концентрируется в «мгновениях», создавая эффект «поэтики мгновений», когда важны не длительные периоды, а отдельные, наполненные смыслом моменты. Пространство конкретизировано через топонимы и природные объекты с говорящими названиями, например, «Блудово болото» (место, где можно заблудиться), «Лежачий камень» (плоский камень), «Звонкая борина» (лесная поляна), что придаёт пространству символическое и эмоциональное значение [2].

Пространство природы воспринимается как живое, наполненное тайной и смыслом, оно тесно связано с внутренним миром героев и их духовным развитием.

Пространство и время сливаются в единый хронотоп, где природное пространство становится ареной для развития человеческой жизни и духовного опыта. Можно сказать, в «Кладовой солнца» Пришвин использует категории времени и пространства для создания

художественного мира, в котором природные циклы и конкретные места становятся символами жизненного пути, единства человека и природы, вечности и мгновения

В дневниках Пришвина пространство и время выступают как формальные и философско-эстетические категории, с помощью которых упорядочивается жизненный материал, и выражаются душевные переживания автора. Здесь выделяются два типа времени: субъективное (время лирического героя) и объективное природное (астрономический хронотоп). Человеческая жизнь вписывается в космический круговорот, что символизируется образами круга и спирали – символами вечности, ритма и непрерывности развития.

В дневниковых миниатюрах Пришвина время часто концентрируется в мгновениях, что формирует «поэтику мгновений» – художественную систему, способную «поймать» быстротечность жизни и природы.

Пространство и время у Пришвина – не просто физические параметры, а категории, через которые раскрывается гармония человека с природой и Вселенной. Они отражают онтологические проблемы жизни и смерти, бессмертия, счастья и веры [3].

Пространственная симметрия (круг) и временная цикличность (спираль) в его творчестве символизируют единство постоянства и движения, вечного и изменчивого, что является основой его мировоззрения.

Таким образом, категории времени и пространства в творчестве М.М. Пришвина выражены через философский хронотоп, в котором природное и человеческое время переплетаются, а пространство становится живым, наполненным смыслом и движением. Это позволяет автору создавать глубокие художественные образы, отражающие единство человека и природы, вечность и мгновение, циклы жизни и индивидуальное время.

Список литературы

1. Пришвин М.М. Кладовая солнца. Сказка-быль. Переиздание. / Рис. Е. Рачёва. М.: Дет. лит., 1977. 63 с.
2. Булыгина Т.В., Шмелев А.Д. Языковая концептуализация мира (на материале русской грамматики). М.: Школа «Язык русской литературы». 1997. 576 с.
3. Штейнман Р.Я. Пространство и время. Москва: Физматгиз, 1962. 240 с.

СЕКЦИЯ «ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, СЕЛЕКЦИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ»

УДК 630

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРАМИ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Гнатовская Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
kat.gnatovskaya@yandex.com
Звонова В.Н., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
ver1218660@gmail.com
Научный руководитель: Кормилицына О.В., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
ovkorm@bmstu.ru

В настоящее время все чаще возникает вопрос об эффективности использования посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) [1, 2]. В 2011 г. на территории Вологодской области был построен тепличный комплекс по выращиванию посадочного материала с ЗКС (Диковский ЛХУ Вологодский лесхоз), благодаря которому при создании лесных культур стал широко использоваться собственный посадочный материал этого типа.

Целью исследований являлось изучение химических свойств почвы и оценка показателей лесных культур ели европейской (*Picea abies (L.) H. Karst.*), созданных на вырубке посадкой сеянцев с ЗКС и открытой корневой системой (ОКС). Объектами исследований стали гумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы и 3-летние культуры ели европейской. Для проведения сравнительного анализа был отобран гумусовый горизонт почвы в аналогичном типе леса и подрост ели европейской аналогичного возраста. Объекты исследований расположены на территории Шекснинского лесничества Вологодской области.

Посадка культур ели европейской проводилась в гребни борозды. Для создания параллельных борозд использовался навесной плуг ПКЛ–70, который переворачивает пласты верхних горизонтов почвы, разваливая их в разные стороны. В результате образуется глубокая борозда с отвалами (гребнями) по краям, с перевернутым гумусовым горизонтом, при этом на поверхности оказывается элювиальный горизонт. Расстояние между бороздами составляет 4–5 м. Шаг посадки – 0,5–0,6 м.

Исследования проводились осенью 2024 г. Для оценки роста и развития культур ели европейской проводили замеры высоты растения, диаметра стволика у корневой шейки, длину корня. Образцы почвы были отобраны следующим образом: из гумусового горизонта почвы отбирался общий образец, из него извлекали корни с прилипшей почвой, затем корни встряхивали, а осыпавшуюся при встряхивании почву отбирали для исследований. Кислотность почв определяли согласно методике определения pH водной и солевой почвенной суспензии; гумус – по И.В. Тюрину; подвижные формы фосфора – по Кирсанову. Также для исследований была отобрана хвоя ели европейской второго года жизни [3]. Количество фосфатов определяли в золе хвои на фотоколориметре КФК-3КМ.

Анализ биометрических показателей показал, что культуры ели европейской, созданные из сеянцев с ЗКС, отличаются хорошим ростом, компактной хорошо развитой корневой системой, интенсивным характером развития корней. Средняя высота культур составляет 34 см. Корни переплетаются и образуют густую сеть. В среднем длина корня составила 18 см. Диаметр стволика у корневой шейки – 0,51 см. Культуры, созданные из сеянцев с ОКС, отличаются высокой изменчивостью биометрических показателей. Средняя

высота составила 30,5 см; длина корней – 14,5 см; диаметр стволика у корневой шейки – 0,33 см. Наименьшие биометрические показатели были отмечены у подроста ели европейской. Их средние показатели составили: высота 23 см, длина корней – 9 см; диаметр стволика у корневой шейки – 0,26 см.

Характеристика почвенных образцов гумусового горизонта показала, что значения pH_{KCl} 3,7±0,2; pH_{H2O} 4,9±0,4 являются типичными для дерново-подзолистых почв южной тайги. В почве под культурами, созданными из сеянцев с ЗКС, содержание гумуса составило 3,04 %, обменного кальция (Ca^{2+}) 5,6 мг·экв/100 г почвы; подвижных форм фосфора (P_2O_5) 3,05 мг/100 г почвы. В почве под культурами, созданными сеянцами с ОКС, содержание гумуса – 1,78 %, обменного кальция (Ca^{2+}) – 2,2 мг·экв/100 г почвы; подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 0,4 мг/100 г почвы. В почве под подростом ели европейской содержание гумуса – 1,28 %, обменного кальция (Ca^{2+}) – 1,8 мг·экв/100 г почвы; подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 0,8 мг/100 г почвы. Варьирование значений агрохимических свойств почвы вызвано различиями в способах обработки почвы, технологиях выращивания посадочного материала в питомниках. Для выращивания посадочного материала с ЗКС используется грунт на основе верхового торфа, который может фрагментарно оставаться в корневой зоне лесных культур. При нарезании борозд плугом на поверхности гребня образуется различной толщины элювиальный горизонт, светлой окраски и бедный питательными веществами. Поэтому, в первые годы жизни для растений большое значение будет иметь запас питательных веществ, полученный в питомниках. Анализ данных хвои ели европейской показал, что наибольшее содержание соединений фосфора наблюдается у лесных культур, созданных из сеянцев с ЗКС, и составляет 51,9 мг/100 г. Содержание соединений фосфора у подроста и лесных культур, выращенных из сенцев с ОКС, составляет 36,7 и 38,9 мг/100 г соответственно.

Таким образом, по биометрическим показателям, содержанию соединений фосфора в хвое и почве, другим свойствам почвы в прикорневой зоне, 3-летние лесные культуры ели европейской, созданные из сеянцев с ЗКС, превосходят созданные из сеянцев с ОКС и подрост аналогичного возраста.

Список литературы

1. Авдеева Е.В., Ровных Н.Л., Иванов Д.В., Сухенко Н.В., Кухар И.В., Калинин М.Д. Российский и мировой опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. XL. № 4. С. 250-258.
2. Карбасникова Е.Б, Карбасников А.А., Хайдукова И.А. Лесоводственная оценка роста лесных культур ели, созданных различным видом посадочного материала // Евразийский Союз Ученых. Серия: междисциплинарный. 2021. № 4(85). С.12-19.
3. Суворов В.И. Влияние минеральных удобрений на еловые культуры // Лесное хозяйство. 1973. № 7. С. 20-25.

УДК 630

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Зеленцова Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
zelentsova_y@list.ru
Крапивин Е.Н., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
elisejkrapivin7507@gmail.com
Научный руководитель: Кормилицына О.В. к.с.-х.н. доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
ovkorm@bmstu.ru

Изменения климата, наблюдаемые в настоящее время на значительной части территории России, проявляются как в повышении температуры воздуха, так и в увеличении числа погодных аномалий, усиливающих общую аномальность климата. Изменение климата неизбежно приведет к трансформации лесных ландшафтов.

Цель исследования – анализ изменений основных климатических показателей на территории Щелковского учебно-опытного лесхоза МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана для оценки адаптационной способности основных лесообразующих пород зоны смешанных лесов Московской области. Для исследований выбраны климатические данные трех метеостанций Центрального УГМС, расположенных в наибольшей близости к объекту исследований (идентификационные номера 27523, 27419, 27627). Анализировались климатические параметры: средняя дневная температура и влажность воздуха; продолжительность вегетационного периода (количество дней со среднесуточной температурой $\geq$ 10 ºС); количество осадков, коэффициент увлажнения и испаряемость, как за год, так и за вегетационный период; максимальная и минимальная температуры воздуха.

Для оценки интенсивности осадков использовали классификацию Гидрометцентра России: умеренный дождь 3–14 мм, сильный дождь 15–49 мм, ливень – от 50 мм осадков. Для выявления экстремальных климатических явлений использовали индексы Всемирной Метеорологической Организации (STARDEX Diagnostic Extremes Indices): GSL, ER, PRCP, SDII, SDD, CWD, TR.

Анализ полученных данных показал, что за период 1970–2024 гг. наблюдается:

– постепенное увеличение суммы осадков за год (ER) и за вегетационный период (PRCP) – в среднем на 90 и 20 мм соответственно;

– постепенное увеличение среднегодовой температуры воздуха, в среднем на 2,8 ºС;

– постепенное увеличение среднемесячной температуры за вегетационный период, в среднем на 1,3 ºС;

– уменьшение максимального количество осадков, выпадающих за 1 день в вегетационный период, в среднем на 13 мм (Rx1day).

– Анализ полученных данных за период 2020–2024 гг. показал, что наблюдается:

– увеличение вегетационного периода, в среднем на 14 дней (GSL);

– увеличение среднегодовой температуры воздуха, в среднем 0,3 ºС;

– увеличение температуры воздуха за вегетационный период, в среднем на и 0,6 ºС;

– увеличение количества сухих дней за вегетационный период, в среднем составляет 23 дня (SDD);

– увеличение количества дней с ночной температурой (тропических ночей) t > 20 ºС (TR);

– снижение количества осадков за год (ER) и за вегетационный период (PRCP) – в среднем на 90 и 80 мм соответственно;

– уменьшение интенсивности осадков на 0,7 мм/в сут (SDII);

– уменьшение максимальной продолжительности влажных периодов в среднем на 3 дня (CWD).

Климатический оптимум ели европейской (*Picea abies (L.) H.Karst.*) лежит в пределах следующих значений: средняя годовая температура 3–7 ºС; средняя температура вегетационного периода 13,2–14,8 ºС; сумма осадков за этот период 430–550 мм при его продолжительности 120–140 дней [1]. Липа мелколистная (Tilia cordata Mill.), по мнению Ю.П. Хлонова (1965), холодостойкая порода, выносит морозы до –48 °С. Благодаря глубокой стержневой корневой системе липа мелколистная способна выживать в условиях продолжительного засушливого периода [2]. Дуб черешчатый (*Quercus robur L.*) является морозостойким видом и способен расти в условиях Московской области [3].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в изменяющихся климатических условиях ель европейская будет чувствовать себя менее устойчиво, чем дуб черешчатый и липа мелколистная, поэтому, для проектирования защитных насаждений на территории Щёлковского учебно-опытного лесхоза необходимо ориентироваться в большей степени на указанные выше лиственные породы.

Список литературы

1. Карпов В.Г. Факторы регуляции экосистем еловых лесов / под ред. В.Г. Карпова. Л.: Наука, 1983. 318 с.

2. Мартынова М.В. Лесовосстановление вырубок липы мелколистной в лесах Среднего Предуралья: специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. к.с.-х.н. Уфа, 2015. 20 с.

3. Мерзленко М.Д. Лесные культуры в дубравах. Текст лекций. М.: МГУЛ, 1999. 36 с.

УДК 630

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СВЕРДЛОВСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Качнова Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садового-парковое строительство»
katerina.kachnova@mail.ru
Чарикова Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
charikova05@list.ru
Фефилова А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садового-парковое строительство»
sashafefilova1723@gmail.com
Научный руководитель: Кормилицына О.В., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садового-парковое строительство»
ovkorm@bmstu.ru

В настоящее время учебная база «Камшиловка» Щелковского учебно-опытного лесхоза является структурным подразделением Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ежегодно на его территории проходят учебные практики студентов факультета

лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства. Территория учебной базы имеет интересную многовековую историю, которая отражена в нескольких публикациях и носит фрагментарный характер.

Целью исследований являлось восстановление различных аспектов истории лесного плодового насаждения Щелковского учебно-опытного лесхоза. Были изучены исторические свидетельства и архивные материалы; восстановлены границы и определена сохранность лесного плодового сада. Для исследований использовали картографические материалы, аэрофотоснимки разных лет, находящиеся в открытом доступе, а также архивные материалы Щелковского учебно-опытного лесхоза, данные полевых изысканий.

Анализ литературных данных показал, что на территории учебной базы «Камшиловка» Щелковского учебно-опытного лесхоза плодовый (яблоневый) сад был создан в 1945 г. одновременно с садом, заложенным на современной территории Гребневского питомника этого же лесхоза. Известно, что аромат цветущих яблонь являлся символом возрождения и всенародного праздника победы. Именно цветущими ветками яблонь встречали наших бойцов-победителей во многих городах освобожденной России и Европы. Фруктовые сады в это время активно закладывались во многих городах нашей страны. Возможно, олицетворением Победы мог быть и заложенный яблоневый сад на территории лесхоза. Площадь плодового сада насчитывала около 10 га. Яблоневые деревья были высажены рядами с шагом посадки 3 м. Расстояние между рядами 4 м. Были высажены такие сорта яблонь как: «Ренет», «Пепин шафранный», «Штрифель», «Китайка» и другие. Плодовый сад являлся подсобным хозяйством Щелковского лесхоза, который 01 августа 1944 г. вошел в структуру Московского лесотехнического института, именуемый с 2016 г. Мытищинским филиалом МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Можно сказать, что подсобные хозяйства – это некоторый символ того времени. Они активно начали создаваться по Постановлению Совета Народных Комиссаров Союза ССР и Центрального Комитета коммунистической партии от 7 сентября 1941 г. Согласно этому Постановлению, предприятиям и организациям было разрешено создавать подсобные хозяйства огородно-овощного и животноводческого направления для обслуживания заводских столовых продуктами питания.

Все это должно было способствовать улучшению продовольственного снабжения рабочих и служащих предприятий. В вязи с этим, яблоневый сад необходим был для улучшения общественного питания работников лесхоза и студентов Московского лесотехнического института (МЛТИ). Ежегодно в августе-сентябре яблоки собирались. В период сбора яблоки хранились в деревянных ящиках в домах учебной базы. Затем большая часть их транспортировалась в столовую МЛТИ. Затем сотрудники столовой из яблок готовили компоты, делали повидло, пекли с яблочной начинкой и повидлом пироги, которые пользовались у студентов особой популярностью. Стоимость их была очень невысокая.

Есть данные, что в результате холодной зимы 1978–1979 гг. яблоневый сад сильно пострадал [1]. По данным лесоустройства в 1962–1964 гг. плодовый сад находился уже в угнетенном состоянии [2]. В начале 80-х годов в МЛТИ, благодаря заведующему кафедрой таксации леса Харину О.А., получило развитие новое направление подготовки студентов, связанное с охраной лесов от пожаров. Было принято решение на месте усыхающего плодового сада создать посадочную площадку для вертолетов.

Согласно подеревной съемке, удалось установить точные современные границы сада. В настоящее время сохранность плодового сада составляет 4 %. Большая часть сохранившихся деревьев имеют уже порослевое происхождение. В 2025 г. саду исполнилось 80 лет. Таким образом, проведенные исследования подтверждают существование плодового сада, история которого тесно связана с развитием территории Щелковского учебно-опытного лесхоза.

Список литературы
1. Шкаринов С.Л., Белошицкая Е.Л. Усадьба «Камшиловка» – база проведения ботанических практик: учебное пособие для студ. спец. 250201 «Лесное хоз-во» и 250203 «Садово-парковое и ландшафт. стр-во». М.: МГУЛ, 2009. 15 с.
2. Таксационные описания по Свердловскому лесничеству Щелковского учебно-опытного лесничества. Лесоустройство 1962-64 гг. Том III, К. 2. Кварталы 52–115. М.: Леспроект, 1965. 324 с.

УДК 575.22

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Матросова А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
matrosova0305@yandex.ru
Стародубцева Е.О., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
katya.starodubtseva@mail.ru
Научный руководитель: Полякова Т.А., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В настоящем исследовании была проведена оценка эффективности различных методов экстракции ДНК из листьев и древесины дуба черешчатого *(Quercus robur)*, а также из хвои и древесины сосны обыкновенной *(Pinus sylvestris L.)* [1].

Экспериментальные образцы были случайным образом отобраны от шести деревьев дуба, произрастающих на территории Воронежской области и от четырёх деревьев сосны, произрастающих в сосняке во Владимирской области.

Целью данной работы было выявление наиболее удобного, быстрого и эффективного метода выделения ДНК.

Для этого были протестированы пять коммерческих наборов для экстракции ДНК:

– «ФитоСорб» – сорбция ДНК на покрытых силикагелем магнитных частицах с последующим осаждением преципитирующим реагентом;

– «Импульс-Тест» – сорбция ДНК с помощью спин-колонок;

– «D-plant» – селективная сорбция ДНК из предварительно лизированного образца на мембране из диоксида кремния;

– «Дровосек» – в качестве основного реактива – лизирующий буфер, позволяющий купировать ингибиторы без дополнительной очистки выделенной ДНК;

– «Diamond» – выделение и очистка ДНК с использованием селективного солевого буфера.

Помимо этого, анализировалась результативность CTAB-метода для экстракции ДНК из флоэмы дуба черешчатого и сосны обыкновенной [2].

Наиболее эффективными методами выделения ДНК из древесины (флоэмы) дуба черешчатого оказались CTAB-метод и «Дровосек», они обеспечили высокие качественные и количественные показатели выделенной ДНК. Для образцов, полученных с использованием данных методов, были зафиксированы следующие параметры: степень чистоты (соотношение A260/A280) варьировалась от 1,59 до 2,15, а концентрация ДНК составила 771,2 нг/мкл, 3707,4 нг/мкл и 10516,0 нг/мкл соответственно. Сравнительный анализ других методов экстракции показал, что протоколы «ФитоСорб», «D-plant» и «Diamond» обеспечили более низкие

концентрации ДНК (соотношение А260/А280 составило от 1,04 до 1,19 при концентрациях 255,1 нг/мкл, 438,5 нг/мкл, 11,0 нг/мкл, 28,2 нг/мкл). Наименее эффективным методом для экстракции ДНК из древесины дуба оказался «Импульс-Тест», который продемонстрировал нулевое значения концентрации ДНК.

Экстракция ДНК из флоэмы сосны обыкновенной с помощью наборов «Импульс-Тест», «D-plant», «Diamond» и методом CTAB не привела к результатам, пригодным для дальнейшего использования. Протокол «Дровосек» снова показал высокую концентрацию 12352,0 нг/мкл при низком соотношении А260/А280 = 1,22. Метод «ФитоСорб» показал высокую концентрацию (1311,1 нг/мкл) только в одной из пяти проанализированных повторностей при невысокой чистоте (1,44).

Наиболее результативным способом экстракции ДНК из листьев дуба черешчатого является «Diamond» (соотношение А260/А280 составило 1,73, при концентрации 65,8 нг/мкл). Метод «Импульс-Тест» также продемонстрировал нулевую концентрацию ДНК в образцах листьев дуба черешчатого, что указывает на его низкую эффективность для экстракции генетического материала из данного типа растительного материала.

Наилучшие результаты при выделении ДНК из хвои достигнуты с использованием протоколов «Импульс-Тест» и «Diamond». Для набора «Импульс-Тест» соотношение А260/А280, показывающее степень чистоты образцов, составило 1,84 и 1,75 при концентрациях 157,7 и 78,7 нг/мкл, соответственно. Для набора «Diamond» соотношение А260/А280 равно 1,57 и 1,01 при концентрациях 388,3 и 135,3 нг/мкл. Набор «Дровосек» показал результаты с наибольшей концентрацией 12283,0 нг/мкл при А260/А280 = 0,43. Протоколы «ФитоСорб» и «D-plant» не дали приемлемых для последующей работы результатов.

Таким образом, проведенное исследование показало, что наилучшим протоколом экстракции ДНК из материала дуба черешчатого является методы CTAB и «Дровосек», а метод «Импульс-Тест» не подходит для работы с данным видом.

Для выделения ДНК из флоэмы сосны обыкновенной наиболее эффективным является набор «Дровосек», дающий высокую концентрацию ДНК, но при этом требуется дополнительная последующая очистка образцов для дальнейших исследований.

Протокол «Импульс-Тест» демонстрирует наилучшие результаты при работе с хвоей.

Результаты исследования могут быть полезны для дальнейших генетических исследований по идентификации, филогении и систематике [3].

Список литературы

1. Лубенникова М.В., Афанасьев В.А., Афанасьев К.А. Выделение ДНК – важный этап молекулярно-генетического исследования // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2020. № 2 (21). URL: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/2/00828.pdf (Дата обращения 05.05.2025).
2. Кутлунина Н.А., Ермошин А.А. Молекулярно-генетические методы в исследовании растений. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 142 с.
3. Шуваев Д.Н. Оценка эффективности протоколов экстракции ДНК из древесины сосны обыкновенной / Д.Н. Шуваев, А.А. Ибе, Ю.Е. Щерба, Т.В. Сухих и др. // Хвойные бореальной зоны. 2020. № 5. С. 25-30.

УДК 630

ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ Г. КОРОЛЕВА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Плотников Д.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
dimonplonikov2001@mail.ru
Шаповалов М.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
mikhail_shapovalov_2003@mail.ru
Научный руководитель: Кормилицына О.В., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
ovkorm@bmstu.ru

Центральная и восточная части Московской области принадлежат району хвойно-широколиственных лесов [1]. Лесной покров Московской области сильно изменен в связи с длительной историей хозяйственного освоения и активным созданием лесных культур [2].

Объектом исследований был гумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы, который подвержен наибольшему воздействию в насаждениях с высокой рекреационной нагрузкой. Объект представлен 63-летними культурами клена остролистного (*Acer platanoides L.*), липы мелколистной (*Tilia cordata Mill.*) и березы бородавчатой (*Betula pendula Roth*), созданных на территории Гребневского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества Мособллес (квартал 57, выд. 14) и расположенного в южной части г. Королева (ул. Мичурина).

Лесные культуры созданы в 1961 г. на лесном участке с редким не сомкнувшимся древостоем (редине) из сосны обыкновенной, включенным в состав лесного фонда в результате зарастания древесной растительностью пашни, вышедшей из-под сельскохозяйственного пользования. Культуры расположены по периметру Акуловского водоканала, проходящего в этой части г. Королева в железобетонных трубах. До создания лесных культур эта территория использовалась под огороды рабочими и служащими лесопильного завода, который располагался в соседнем квартале. В 1958 г. на этой территории началось активное строительство нового жилого квартала. Поэтому, лесные культуры, созданные рядом с жилым кварталом и водоохраной зоной Акуловского водоканала, имеют защитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое и рекреационное значение.

Культуры клена и липы были высажены рядами, в соотношении 50 % клена, 50 % липы. Расстояние между рядами – 3 м. Посадки проводили осенью 6-летними саженцами, привезенными из базисного лесного Сергиево-Посадского питомника. Посадка культур проводилась вручную в подготовленные лопатой посадочные места объемом 0,5 м^3. В междурядья был высажен картофель. Дополнение проводили березой. В настоящее время большая часть этих культур представлена порослевыми деревьями. Согласно нашим данным перечета деревьев, сохранность 63-летних культур составляет всего 28 %. Подрост, подлесок и напочвенный покров представлены фрагментарно.

Исследования гумусового горизонта почвы проводили в конце вегетационного периода (2024 г.). Отбор образцов проводили из гумусовых горизонтов почвы с глубины 10–20 см в радиусе крон клена и липы. Из пяти индивидуальных образцов, отобранных методом конверта на площадке площадью около 1 м^2 составляли объединенную пробу из которой получали средний образец. Всего было отобрано 10 почвенных образцов. Характеристику структуры почвы на макроуровне проводили ситовым анализом; содержание водоустойчивых макроагрегатов – по методу П.И. Андрианова в модификации Н.А. Качинского. Для

интегральной оценки распределений на основе полученных данных рассчитывали средневзвешенный диаметр (СВД) агрегатов 0,25–10 мм и содержание агрегатов ($\Sigma X_{10\ldots0,25}$, %) Кислотность почв определяли согласно методике определения pH водной и солевой почвенной суспензии; содержание гумуса – по И.В. Тюрину.

Анализ агрегатного состояния почв на макроуровне показал, что СВД агрегатов по данным «сухого» просеивания лежит в диапазоне 1,31–2,2 мм (средние значение 1,75±0,45); содержание агрономически ценных воздушно-сухих агрегатов – 63,1–67,7 % (среднее значение 65,4±2,3 %); содержание водопрочных макроагрегатов – 53,1–76,7 % (среднее значение 64,9±11,2 %). Почвы характеризуются значениями pH_{KCl} 4,5±0,4; pH_{H2O} 5,6±0,3; содержание гумуса 2,09±0,69 %.

Известно, что образование агрегатов в почве происходит под действием целого ряда факторов, взаимодействующих между собой. На микроуровне такими факторами являются разнообразные почвенные клеи (гуминовые вещества, глины, гидроксиды железа и алюминия, карбонаты кальция), а на макроуровне – корневая система растений, почвенная фауна (дождевые черви) и почвенная микрофлора [3]. Для гумусового горизонта дерново-подзолистой почвы под 63-летними кленово-липовыми культурами характерен небольшой размер агрегатов (1,75 мм), что может быть вызвано высокой рекреационной нагрузкой в лесопарковой зоне защитных насаждений вблизи жилого квартала. Однако содержание воздушно-сухих (65,4 %) и водоустойчивых макроагрегатов (64,9 %) является показателем хорошей структуры.

Список литературы

1. Лесной план Московской области на 2019–2028 годы. Книга 1. М.: Красногорск. 2023. 148 с.
2. Черненькова Т.В., Морозова О.В., Беляева Н.Г., Пузаченко М.Ю. Современная организация лесных сообществ с участием широколиственных пород в зоне широколиственно-хвойных лесов (на примере Московской области) // Растительность России. 2018. № 3. С. 107-130.
3. Филиппова О.И., Холодов В.А., Сафронова Н.А., Юдина А.В., Куликова Н.А. Микроагрегатный, гранулометрический и агрегатный состав гумусовых горизонтов зонального ряда почв европейской России // Почвоведение. 2019. № 3. С. 335-347.

УДК 630*165.51

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ СЕМЯН В ЖИДКОСТЬ ПРИ ФЛОТАЦИИ

Смирнов А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
smirnogo03@bk.ru
Научный руководитель: Котов А.А., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
kotov@bmstu.ru

В работе представлены результаты теоретических исследований погружения семян хвойных пород на примере лиственницы сибирской в растворы этилового спирта разной концентрации. Установлено, что на погружение семян влияют смачиваемость их поверхности, силы тяжести и поверхностного натяжения, выталкивающая сила. Сила тяжести и

выталкивающая сила действуют разнонаправленно, а сила поверхностного натяжения меняет свой знак в зависимости от состояния поверхности.

Значительной трудностью при заготовке и переработке семян хвойных пород является их очистка от примесей и сортировка на пустые и полнозернистые. Для этого применяются различные методы, в основе которых лежит использование различий физико-механических свойств семян, таких как их масса, плотность, аэродинамические и диэлектрические свойства, размер, форма, состояние поверхности и др. Был исследован метод флотации, основанный на различии плотности полнозернистых и пустых семян [1].

В работе рассмотрены физико-механические факторы, оказывающие воздействие на погружение семян в жидкость. Исследовано равновесие семени при погружении его в жидкость [2]. На семя действуют сила тяжести G, сила поверхностного натяжения $F_{\text{пов}}$ и выталкивающая сила (Архимедова) $F_{\text{выт}}$.

Здесь

$$G = \rho_c V_c g, \tag{1}$$

где ρ_c – истинная плотность семени; V_c – объем семени; g – ускорение свободного падения.

$$F_{\text{пов}i} = \mu l_i \sin\theta_i, \tag{2}$$

где μ – коэффициент поверхностного натяжения, l_i – длина линии касания семени с жидкостью при погружении его на глубину h_i, Θ_i – угол наклона $F_{\text{пов}}$ к горизонтали,

$$F_{\text{выт}i} = \rho_{\text{ж}} V_{\text{сг}i} g, \tag{3}$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, $V_{\text{сг}}$ – объем части семени, погруженной в жидкость.

Принимаем семя за эллипсоид с полуосями $0{,}5a$, $0{,}5b$ и $0{,}5d$, где a, b и d – соответственно ширина, длина и толщина семени [3]. Тогда запишем уравнения полуосей a_i и b_i эллипса, образованного сечением эллипсоида поверхностью жидкости,

$$l_i = \pi\sqrt{\frac{\left((0{,}5a)^2 + (0{,}5b)^2\right)\left(1 - \frac{(0{,}5d - h_i)^2}{(0{,}5d)^2}\right)}{2}}, \tag{4}$$

а

$$\Theta_i = \operatorname{arctg}\left(\frac{0{,}5d(-a_i)}{(0{,}5a)^2\sqrt{1 - \frac{a_i^2}{(0{,}5a)^2}}}\right), \tag{5}$$

где a_i и b_i – полуоси эллипса, образованного сечением эллипсоида поверхностью жидкости.

Объем части семени (объем сегмента эллипсоида) $V_{\text{сг}}$, погруженной в жидкость, вычислим по формуле

$$V_{\text{сг}} = \pi ab\left(h_i - \frac{0{,}5d}{3} + \frac{(0{,}5d - h_i)^3}{3(0{,}5d)^2}\right), \tag{6}$$

Подставим уравнения (4) и (5) в выражение (2), а уравнение (6) – в выражение (3).

При отсутствии смачивания условие равновесия семени с учетом выражений (1–3) предстанет следующим образом:

$$F_{\text{пов}i} + F_{\text{выт}_i} = G, \tag{7}$$

а при наличии смачивания:

$$F_{\text{выт}_i} = G + F_{\text{пов}i}\,. \quad (8)$$

На основании уравнений (7) и (8) было проанализировано влияние на погружение семени лиственницы сибирской силы поверхностного натяжения жидкости и выталкивающей (Архимедовой) силы раствора этилового спирта. Так максимальные значения этих сил при концентрации раствора 96 % соответственно равны 250 и 67 мкН, при 25 % – 656 и 81 мкН, а сила тяжести постоянна и равна 76 мкН.

Список литературы

1. Лавренов М.А., Котов А.А., Алябьев А.Ф. Совершенствование метода флотации семян на примере лиственницы сибирской (Larix sibirica Ledeb.) // Лесотехнический журнал. 2024. Т. 14. № 3 (55). С. 108-126.
2. Винокуров В.Н., Ильяков В.В., Котов А.А. Основы технической механики: учебно-метод. пособие. / Изд. 2-е. М.: МГУЛ, 2011. 164 с.
3. Свиридов Л.Т. Свойства лесных семян, плодов-бобов и обоснование технологий, конструкций и параметров семяочистительных машин: монография. Воронеж: ВГЛТА, 2012. 312 с.

СЕКЦИЯ «ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

УДК 630

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ПОД ПОЛОГОМ СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРА МОСКВЫ

Комарова М.Н., студент,
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
masha-kemr@yandex.ru
Научный руководитель: Лебедев А.В., д.с.-х.н., доцент,
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
alebedev@rgau-msha.ru

На территории городских парковых насаждений наблюдается ухудшение состояния деревьев и древостоев из-за загрязнений от предприятий и автотранспорта, механические повреждения со стороны отдыхающих, изменения климатических факторов [1, 2]. Вследствие этого прослеживается тенденция к уменьшению естественного возобновления хозяйственно ценных пород в насаждениях городских парков и лесопарков.

Объектами данного исследования являются Лесная опытная дача (ЛОД) и Измайловский парк. Методика выполнения работ включала в себя заложение временных пробных площадей (всего было заложено 12 ВПП). Также был выполнен сплошной перечет деревьев, измерены их диаметры с группировкой по ступеням толщины, производился учет естественного возобновления по группам высот, категориям крупности и жизнеспособности [3]. Описание и учет естественного возобновления производились методом учетных площадок 1×1 м.

В ходе выполнения исследования была дана лесоводственно-таксационная характеристика насаждений на временных пробных площадях, произведен учет подроста (по группам высот, по жизнеспособности и категориям крупности), дана количественная характеристика всходов естественного возобновления на территории данных объектов исследования.

Выявлено, что преобладающей породой по количеству и проективному покрытию всходов естественного возобновления как на ЛОД, так в Измайловском парке является клен остролистный. Обеспеченность подростом низкая на двух объектах исследования, что связано с высокой антропогенной нагрузкой на насаждения парков Москвы. В породном составе естественного возобновления преобладает также клен остролистный и дуб черешчатый на ЛОД, и клен остролистный и липа мелколистная в Измайловском парке. Также стоит отметить, что проводилось описание подроста по категориям крупности, которое показало, что большинство подроста относится в группе жизнеспособного на двух объектах исследования. Описание подроста по группам высот показало, что преобладает крупный подрост.

Список литературы

1. Коротков С.А., Ухов М.В. Оценка устойчивости лесных сообществ города Троицк (Новая Москва) в условиях возрастающей антропогенной нагрузки // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы: материалы II Всероссийской (с международным участием) конференции, приуроченной к 15-летию создания заповедника «Кологривский лес» (Кологрив, 28–29 октября 2021 года). Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес». 2021. С. 44-53.
2. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А., Гемонов А.В. Естественное возобновление в насаждениях ядра заповедника «Кологривский лес» // Природообустройство. 2024. № 3. С. 99-105. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-3-99-105.

3. Lebedev A.V. Changes in the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in an urban environment in European Russia since 1862 // Journal of Forestry Research. 2023. V. 34. № 5. Pp. 1279-1287. DOI: 10.1007/s11676-022-01569-z.

УДК 630*182

СТРУКТУРА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКОГО ПАРКА «КУЗЬМИНКИ-ЛЮБЛИНО»

Кривошапов Н.Ф., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
krivoshapov.nf.03@gmail.com
Научный руководитель: Коротков С.А., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
skorotkov-71@mail.ru

Природно-исторический парк «Кузьминки-Люблино» представляет собой уникальный природный комплекс в черте московского мегаполиса. Сосновые насаждения являются важной составляющей растительного покрова парка и характеризуются специфической структурой и высокой устойчивостью. В условиях усиливающейся антропогенной нагрузки и климатических изменений изучение структуры сосновых насаждений приобретает особую актуальность [1].

Цель исследования – анализ структурных особенностей сосновых насаждений природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино». Исследования проводились в весенне-летний период 2024 г. на 10 постоянных пробных площадях, равномерно распределенных по территории парка. Применялись стандартные лесотаксационные методы, включая измерение диаметров и высот деревьев, отбор кернов возрастным буравом, учет подроста и подлеска, анализ живого напочвенного покрова.

Основной ярус представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в возрасте 80–130 лет со средней высотой 26 м и диаметром 28 см. Насаждение характеризуются четкой двухъярусной структурой. В верхнем ярусе доминируют зрелые деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с диаметром 32–44 см, формирующие сомкнутый полог. Второй ярус отличается большим количеством лиственных пород, особенно клена остролистного (*Acer platanoides* L.), численность которого, на отдельных площадях, превышает 100 шт./га.

Подрост сосны отсутствует, тогда как лиственные породы, такие как липа мелколистная (*Tilia cordata Mill.*) и клен остролистный (*Acer platanoides* L.), демонстрируют активное возобновление. Структура подроста характеризуется преобладанием мелких экземпляров (высотой до 0,5 м), которые составляют 50–80 % от общего количества. Всё вместе это указывает на естественную смену древесных пород.

Подлесок повсеместно представлен рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosus* Scop.), тогда как остальные виды встречаются единично и существенного влияния на структуру подлеска не оказывают. Видовое разнообразие здесь определяется условиями влажности, освещенности и антропогенной нагрузкой [2, 3].

В напочвенном покрове выявлено 56 видов растений из 26 семейств. Такой показатель можно считать достаточно высоким для лесных сообществ умеренной зоны. На большинстве площадей преобладают неморальные виды, что характерно для тенистых широколиственных лесов. Широко представлены и бореальные растения, что отражает характерную флору для таких лесных сообществ. Мозаичный напочвенный покров с преобладанием неморальных видов отражает изменение условий среды и рост антропогенной нагрузки.

Список литературы
1. Lezhnev D., Korotkov S., Stonozenko L., Popova A. The growing dynamic of scots pine (Pinus sylvestris L.) stands in the Moscow region // III International Conference «Sustainable Development: Agriculture, Energy and Ecology» (VMAEE-III-2024): AIP Conference Proceedings (Karshi, 26–28 February 2024 y.). Melville: AIP PUBLISHING. 2024. Pp. 20045.
2. Лежнев Д.В., Шухин Е.М., Дубей Д. Возобновление под пологом сосняков Лосиноостровского лесопарка национального парка «Лосиный остров» // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока : материалы Всероссийской научной конференции (Хабаровск, 07–08 октября 2021 года). / Отв. редактор А.Ю. Алексеенко. Хабаровск: Федеральное бюджетное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства». 2021. С. 131-137.
3. Лежнев Д.В., Лебедев А.В. Онтогенетическая структура ценопопуляций древесных растений в спелых сосновых насаждениях Москвы // Поволжский экологический журнал. 2024. № 4. С. 471–486. DOI 10.35885/1684-7318-2024-4-471-486.

УДК 581.543

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЛИСТВЕННИЦЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ МФ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Мартыненко А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Nastya19972010@mail.ru
Научный руководитель: П.Г. Мельник, к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Целью данной работы является изучение и сравнение особенностей сезонного развития лиственницы европейской и Сукачёва в условиях городской среды в центре Московской области. Объектом исследования является лиственничная аллея на территории университета, высаженная за Учебно-лабораторным корпусом № 1. На аллее произрастает 24 экземпляра лиственницы европейской 2005 г. посадки и 12 экземпляров лиственницы Сукачёва 2015 г. посадки. Программа фенологических наблюдений была обобщена и составлена в результате анализа трёх общепринятых методик: ведения фенологических наблюдений Русского географического общества, фенологических наблюдений над хвойными Никитского ботанического сада и ведения фенологических наблюдений над лиственницей Ботанического сада Южного федерального университета [1]. Наблюдения проводятся с конца марта 2024 г. по настоящее время в периоды вегетации. Периодичность наблюдений – 1–2 раза в неделю, в зависимости от активности сезонных изменений. В программу исследований вошли все основные фенологические фазы, а также измерение прироста боковых побегов лиственницы (ввиду невозможности измерения верхушечных приростов).

Наблюдения начинаются весной, сразу же после окончания заморозков. В это время отслеживаются сроки наступления фенологических фаз набухания почек, распускания и обособления хвои. У каждой фазы отмечается её начало, середина и конец. В 2024 г. наблюдения были начаты 30 марта. Наступление полного цикла весенних фенофаз на всех экземплярах лиственницы зафиксировано 22 апреля. Отмечено, что лиственница европейская начала развиваться раньше лиственницы Сукачёва. В 2025 г., 7 марта была отмечена начальная стадия набухания почек, при этом уже чётко выделялись генеративные почки. На 15 апреля вегетативные почки находились на завершающей стадии распускания хвои, у некоторых деревьев наблюдалось начало фазы обособления хвои. У лиственницы европейской,

вышедшей из ювенильного периода, с 2024 г. отслеживаются также генеративные фазы – созревания шишек и пыления. Массовое появление шишек у лиственницы европейской было отмечено 8 апреля, фаза пыления наступила 15 апреля. В 2025 г. генеративные почки также наблюдаются почти на всех экземплярах лиственницы Сукачёва (и лишь на одном из деревьев лиственницы Сукачёва найдена прошлогодняя шишка). Появление шишек было заметно 7 марта – на месяц раньше, чем в прошлом году. Фаза пыления была достоверно отмечена 4 апреля, а на следующий день на неделю выпал снег. После прохождения весенних фенофаз и до начала пожелтения хвои у всех экземпляров лиственницы измерялись приросты одного бокового побега. В 2024 г. измерение приростов проводилось с 6 мая по 13 сентября, однако замечено, что после 10 августа измеряемые побеги расти перестали. Пик роста побегов пришёлся на июнь. В 2025 г. к измерению побегов ещё не приступали. С момента появления первых жёлтых хвоинок фиксировались фазы пожелтения и опадения хвои. Первое пожелтение у лиственницы европейской было отмечено в середине августа. Лиственница Сукачёва ещё оставалась зелёной и начала желтеть на неделю позже. Массовое пожелтение наступило 11 октября. К 9 ноября 21 из 24 деревьев лиственницы европейской сбросило хвою. На лиственнице Сукачёва в это время ещё оставались жёлтые хвоинки. 9 ноября 2024 г. наблюдения первого сезона были завершены. По итогам был составлен фенологический спектр для каждого вида лиственницы. Выяснилось, что в наших условиях лиственница Сукачёва сохраняет декоративные качества на неделю дольше, чем лиственница европейская. Примечательно, что Н.В. Дылис [2] и В.П. Тимофеев [3] в своих трудах указывали, что лиственница европейская желтеет и опадает на 2–3 недели позже, чем Сукачёва.

По итогам первого сезона фенологических наблюдений установлено, что в 2024 г. продолжительность вегетационного периода лиственницы европейской в наших условиях составила 216 дней, а лиственницы Сукачёва – 225 дней. Процесс роста боковых побегов лиственницы завершился достаточно рано, задолго до окончания вегетации. При этом лиственница Сукачёва сохраняла декоративные качества на неделю дольше, чем лиственница европейская. Возможно, это объясняется засушливым летом, нарушившим нормальный процесс роста изучаемых деревьев. По итогам наблюдений 2025 г. планируется также составить фенологический спектр для каждого из исследуемых видов и сравнить с предыдущим годом.

Список литературы

1. Мартыненко А.А., Мельник П.Г. Фенологические особенности различных видов лиственницы в условиях интродукции // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Хабаровск, 10-11 октября 2024 г.). Хабаровск, 2024. С. 159-164.
2. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесная промышленность, 1981. 96 с.
3. Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесная промышленность, 1977. 216 с.

УДК 574.47

СТРУКТУРА ДУБОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ЗЕМЛЯ ЛЕОПАРДА»

Меняева В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
vmenyayeva@bk.ru
Научный руководитель: Коротков С.А., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
skorotkov-71@mail.ru

Лесные экосистемы играют ключевую роль в сохранении и поддержании окружающей среды, выполняя важные санитарно-гигиенические и оздоровительные функции. Они способствуют улучшению климата, очищают воздух и обеспечивают местообитания для множества видов флоры и фауны [1]. В условиях минимального антропогенного воздействия сохраняется разнообразие местных видов сосудистых растений, что делает леса важными объектами для научных исследований и практического применения полученных данных. В данной статье рассматриваются результаты исследования структуры дубовых фитоценозов в национальном парке «Земля леопарда».

Национальный парк «Земля леопарда» и заповедник «Кедровая падь» были объединены в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Земля леопарда» в 2012 г. Оно расположено в юго-западной части Приморского края, простираясь от побережья Амурского залива до границы Российской Федерации и Китайской народной республики на юге.

Объекты исследования – заповедник «Кедровая падь» и национальный парк «Земля леопарда». Эти территории были выбраны из-за их уникальных экосистем и значительного разнообразия растительных сообществ.

Цель работы – изучить структуру дубовых фитоценозов национального парка «Земля леопарда» на территории четырех пробных площадей (ПП), заложенных в сентябре 2024 г.

На каждой ПП был проведен сплошной перечет деревьев с диаметром ствола 6 см и более. Изучалась вертикальная структура древостоев. Выделялся фитоценотический второй ярус, высота которого составляла менее 80 % от средней высоты первого яруса. Дополнительно, при изучении горизонтальной структуры древостоев, выполнено распределение деревьев по четырехсантиметровым ступеням толщины. Для оценки жизненного состояния и определения категории крупности подроста и подлеска были заложены пять учетных площадок размером 5×5 м каждая, размещенные методом конверта [2, 3]. Для анализа травяно-кустарничкового яруса было определено общее проективное покрытие и покрытие каждого вида в процентах. В дополнение к этому было рассчитано видовое разнообразие с использованием индекса Шеннона, а также коэффициент сходства растительных сообществ по Жаккару (*Kj*).

Всего в древостое находится 6 видов растений, в подросте – 8, в подлеске – 10; в травяно-кустарничковом ярусе – 28. Главной преобладающей породой является дуб монгольский, который формирует полночленные популяции на ПП-1 и ПП-2, а береза – на ПП-2. Под пологом отмечается процесс естественного возобновления и формирования конкурентоспособного подроста основных лесообразующих пород в необходимом количестве для последующего успешного поддержания древостоя. Также отмечаются начальные стадии восстановления хвойно-широколиственных лесов, где наблюдается тенденция к развитию кедра корейского и пихты цельнолистной. Общее проективное покрытие свидетельствует о хорошо развитом травяно-кустарничковом ярусе, также отмечается высокое флористическое разнообразие. Значение коэффициента сходства Жаккара (*Kj*) указывает на низкое сходство

исследуемых объектов, что может быть связано с различиями в экспозиции и условиях произрастания на этих территориях.

Список литературы

1. Лежнев Д.В., Меняева В.А. Живой напочвенный покров сосновых фитоценозов Яузского лесопарка «Лосиного острова» // Проблемы озеленения крупных городов : сборник статей XXII Научно-практического форума (Москва, 29–30 августа 2023 г.). Москва: ООО «МК-ИНТЕРТРЕЙД», ООО «ИНТЕК». 2023. С. 113-118.
2. Лежнев Д.В., Шухин Е.М., Дубей Д. Возобновление под пологом сосняков Лосиноостровского лесопарка национального парка «Лосиный остров» // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока : материалы Всероссийской научной конференции (Хабаровск, 07–08 октября 2021 года). / Отв. редактор А.Ю. Алексеенко. Хабаровск: Федеральное бюджетное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства». 2021. С. 131-137.
3. Лежнев Д.В. Строение сосновых фитоценозов в Московском регионе под влиянием климатических трансформаций // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. 2023. № 9. С. 63-73.

УДК 595.7

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ НА УЧАСТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ПИРОЧИ» В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ КОЛОМНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Пивикова С.Д., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
pivikova04@mail.ru
Научный руководитель: Денисова Н.Б., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Исследования по изучению энтомофауны карьера на земельных участках месторождения «Пирочи» в Городском округе Коломна Московской области на территории площадью 173,23 га и сопредельных территорий были проведены в течение вегетационного периода 2023 г.

Леса Коломенского участкового лесничества относятся к зоне хвойно-широколиственных лесов (Мещерская зандровая низменная равнина). Это пойменный участок у реки Черной, с редкими ивами и отдельными деревьями ольхи черной. В травяном ярусе вербейник, норичник шишковатый, осоки, шлемник т д. (установлена одна почвенная ловушка). Открытые площадки (поляны) представлены разнотравьем, по побережью рек развита луговая и болотная растительность с кустами и деревьями ивы, ольхи и березы. Значительная часть территории занята действующей разработкой, древесная и кустарниковая растительность, произрастающая на территории объекта, является наиболее близкой к естественным сообществам.

Цель данных исследований – получение данных о наличии/отсутствии на рассматриваемом участке видов насекомых и паукообразных, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и Красную книгу Московской области.

При сборе энтомофауны на фазе имаго использовались традиционные коллекторские методы. В качестве почвенных ловушек использовали ловушки Барбера, которые заполнялись 1–2 % раствором формалина. Так как в задачи исследования входил сбор почвенной фауны, обитателей подстилки, наземных хищников, всего было установлено 22 ловушки. «Оконные»

ловушки представляют собой стеклянные или пластиковые прозрачные «барьеры». Такой тип ловушек размещали, как на свежеотмерших, так и на гнилых стволах деревьев различных пород. «Оконные» ловушки ставились, большей частью на опушке лесного массива, которая, как смежный биоценоз, обладает часто наибольшим видовым разнообразием жуков.

Определение материала производилось согласно современным стандартизированным методикам с использованием различных аналоговых и цифровых моделей оптических приборов.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты: на территории месторождения «Пирочи» в городском округе Коломна Московской области и сопредельных территориях зафиксировано 167 видов представителей класса Insecta-Ectognatha. Из отряда Coleoptera (класс Insecta-Ectognatha) наиболее многочисленное видовое разнообразие отмечено в семействах: Carabidae (25 видов); Cerambycidae (22 вида), следует отметить, что среди этого семейства наиболее часто встречались представители трибы Lepturini, проходящие дополнительное питания на цветущих растениях; также многочисленно семейство Elateridae (11 видов) [1], Tenebrionidae (9 видов); на обследуемой территории выявлено 63 вида чешуекрылых Lepidoptera, это представители таких семейств, как Hesperidae (6 видов) [2], Lycaenidae (11 видов), Geometridae (11 видов), Nymphalidae (13 видов).

Встреченные виды насекомых и паукообразных являются обычными и не занесены в Красную книгу Российской Федерации и Московской области. К редким и индикаторным видам растений и животных относятся виды, указанные в Распоряжении министерства экологии и природопользования Московской области от 20.03.2018 г. № 103-РМ «Об утверждении списка объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Московской области» [3].

Список литературы

1. Определитель насекомых европейской части СССР. В 5 Т. Т 2. Жесткокрылые и веерокрылые / Под общ. ред. Г.Я. Бей-Биенко /АН СССР Зоологический институт. М.–Л.: «Наука», 1965. 668 с.
2. Мамаев Б.М., Медведев Л.Н., Правдин Ф.Н. Определитель насекомых европейской части СССР: учеб. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов. Москва: Просвещение. 1976. 304 с.
3. Красная книга Московской области // Министерство экологии и природопользования Московской области. URL: https://mep.mosreg.ru/deyatelnost/krasnaya-kniga-moskovskoi-oblasti (Дата обращения 25.10.2023).

УДК 630*182.2

ДИНАМИКА СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ

Фейзрахманов А.Р., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
a.fzrHm202@yandex.ru
Научный руководитель: Коротков С.А., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
skorotkov-71@mail.ru

В настоящее время наблюдается ускоренный рост урбанизированных сообществ, их площадей и населения. Как следствие, усиливается воздействие на окружающую природную среду и отдельные ее компоненты, что повышает значимость зеленых городских насаждений.

Немалое значение представляет их динамика, отражающая изменения в структуре в течение времени и эколого-биологические свойства видов, формирующих фитоценоз. Динамика важна для понимания биологической устойчивости древостоев к различным факторам, что позволяет составлять прогнозы изменения таксационных показателей, и, как следствие, хозяйственной ценности насаждений [1, 2].

Одной из главных лесообразующих пород европейской части России, включая и Московский регион, является сосна обыкновенная, имеющая большую ценность, как для природных сообществ, так и для человека. Сохранение сосновых лесов в городе – важная задача, учитывая их более низкую по сравнению с лиственными насаждениями устойчивость к запыленности и загазованности урбанизированной среды [3].

В качестве объектов исследования выступили древостои, произрастающие на территории 6 квартала Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Проводилось исследование на 14 постоянных пробных площадях. Тип леса на данной территории – сосняк сложный, тип лесорастительных условий – свежие сложные субори.

В результате были оценены изменения породного состава и основных таксационных показателей (запас на 1 га, средние высота и диаметр, и т.д.) за временной промежуток в 26–27 лет, а также показатели устойчивости древостоев.

За рассматриваемый период в изучаемых древостоях наблюдается тенденция уменьшения доли сосны в общем запасе на 5 % в среднем. Заметны активно идущие процессы внедрения в древостой широколиственных пород, в частности вяза шершавого, липы мелколистной и, в особенности, клена остролистного.

По итогам исследования прослеживается в целом положительная динамика изменений основных таксационных показателей, исходя из их зависимостей друг относительно друга в разные временные периоды. Полученные в ходе сплошного перечета данные о значениях средней категории состояния по каждому элементу леса, показывают, что большинство деревьев как в I, так и во II ярусе являются ослабленными.

Список литературы

1. Лежнев Д.В., Лебедев А.В. Динамика и устойчивость сосновых древостоев в урбоэкосистемах лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. № 245. С. 93-111. DOI 10.21266/2079-4304.2023.245.93-111.

2. Лежнев Д.В., Дубей Д., Глазунов Ю.Б., Коротков С.А. Динамика сосновых лесов в Серебряноборском участковом лесничестве Московской области // Вопросы геологии и комплексного изучения экосистем Восточной Азии : сборник докладов, электронное издание (Благовещенск, 04–07 октября 2022 года.). Благовещенск: ИГиП ДВО РАН. 2022. С. 217-219.

3. Lezhnev D., Korotkov S., Stonozenko L., Popova A. The growing dynamic of scots pine (Pinus sylvestris L.) stands in the Moscow region // III International Conference «Sustainable Development: Agriculture, Energy and Ecology» (VMAEE-III-2024): AIP Conference Proceedings (Karshi, 26–28 February 2024 y.). Melville: AIP PUBLISHING. 2024. Pp. 20045.

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ ЛЕСА И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ НАУКИ»

УДК 630*4:574.3 + 630*181.351

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНЫ ПИЦУНДСКОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ГЕЛЕНДЖИКСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Воробьева Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
dasha.vorobeva.57@gmail.com
Козлов К.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
fexfex964@gmail.com
Научный руководитель: Денисова Н.Б., доцент, к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Сосна пицундская (Pinus brutia var. pityusa) – уязвимый вид, занесенный в Красную книгу РФ и региональные Красные книги Крыма и Краснодарского края [1]. Её естественный ареал – прибрежная зона Черного моря, где рекреационная нагрузка, лесные пожары и засухи угрожают устойчивости популяций [2]. Исследование санитарного и лесопатологического состояния насаждений проведено в ботаническом памятнике природы «Джанхотский бор» (Краснодарский край) [3]. Основные задачи включали закладку пробных площадей, анализ фитоценозов, оценку санитарного состояния деревьев и изучение ксилофильных насекомых.

В ходе полевых работ заложено 6 временных пробных площадей в трех типах леса: сосняке со скумпией, дубово-грабинниковом и дубово-иглицевом. На них проведен сплошной перечет 1197 деревьев сосны пицундской. Средняя высота деревьев – 24–25 м, диаметр – 26–28 см. Лучшее санитарное состояние (СКС = 1,46±0,03) отмечено в сосняке со скумпией, где доля ослабленных и погибших деревьев составила 5,5 %. В дубово-грабинниковом сосняке СКС = 1,61±0,03 (6,1 % деревьев 3–5 категорий), в дубово-иглицевом – 1,76±0,11 (11,8 %). Погибшие деревья представлены старым сухостоем и буреломом.

Ксилофильные насекомые, включая короедов рода Tomicus и фисташковую златку (Capnodis cariosa), активно заселяют погибшие деревья. В Геленджикском лесничестве зафиксирована высокая плотность очагов вредителей (более 900), что требует усиления лесопатологического мониторинга. Рекомендованные мероприятия – лесопатологический мониторинг.

Отдельный блок исследования посвящен естественному возобновлению сосны пицундской после пожара 7 июля 2024 г. на склоне горы Святой Нины. До пожара состояние 630 обследованных деревьев подроста (средняя высота до 2 м) оценивалось как стабильное: 60 % – здоровые, 30 % – ослабленные, 10 % – усыхающие. После пожара, охватившего 7,5 га, 70 % подроста погибло сразу, прогнозируется полная гибель из-за сильных повреждений стволов. Высота нагара (0,1–1,5 м) указывает на критическое воздействие на экосистему.

Наиболее устойчивы сосняки со скумпией, где доля погибших деревьев минимальна. В дубово-иглицевых насаждениях состояние ухудшается, что требует активных мер защиты. Пожар 2024 г. нанес катастрофический ущерб естественному возобновлению, подчеркивая необходимость своевременного тушения и послепожарного мониторинга. Для сохранения Джанхотского бора критически важны санитарно-оздоровительные мероприятия, контроль вредителей и адаптация к климатическим рискам.

Список литературы
1. Ена А.В. Сосна брутийская. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред. А.В. Ена, А.В. Фатерыга. Симферополь: АРИАЛ, 2015. 68 с.
2. Джангиров М.Ю. Сосна пицундская. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. / 3-е изд. Отв. ред. С.А. Литвинская. Краснодар: б.и. 2017. С. 128-129
3. Шумкова О.А., Криворотов С.Б., Иванченко М.С., Гайдай А.А. К изучению охраняемого вида сосны пицундской урбоэкосистемы города-курорта Геленджик Краснодарского края // Куражсковские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 16–17 мая 2024 года). Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева.2024. С. 178-182

УДК630*424.5

ДИНАМИКА ГОДИЧНЫХ ПРИРОСТОВ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ОПЫТНЫХ ОБЪЕКТАХ В НИКОЛЬСКОЙ ЛЕСНОЙ ДАЧЕ

Катанов Т.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
katanav999@gmail.com
Лоншаков А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Мельник П.Г., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Для лесоводов первостепенное значение имеет экология возобновления леса. Возобновительные процессы способствуют биологическому равновесию в лесу, обеспечивают постоянство его существования, а, следовательно, и пользования им [1]. Наличие подроста всегда указывает на устойчивость и жизненность древесных пород в лесных сообществах.

Цель работы – изучение динамики годичных приростов хвойно-широколиственных пород естественного происхождения на опытных объектах в Никольской лесной даче.

В качестве объекта проведения экспериментальных работ была выбрана Никольская лесная дача. Этот лесной массив, расположенный в Щёлковском учебно-опытном лесхозе Московской области, представляет собой уникальнейший лесоводственный объект, ценный в историческом, природном и лесохозяйственном аспектах, и является классическим объектом в области лесоустройства и лесоводственного мониторинга [2]. Исследования выполнялись на постоянной пробной площади (ППП) МН-2, которая была заложена на вырубке 2002 г., с целью изучения дальности эффективной диссеминации лиственницы европейской в области интродукции [3].

В 2021 г. на объекте были проведены экспериментальные рубки ухода с целью удаления мягколиственных пород. Осенью 2024 г. на пробной площади выполнена инструментальная таксация в соответствии с ОСТ 56-69-83, а также проводились биометрические замеры приростов за 2020–2024 гг. и общей высоты у ели, дуба и клёна. Для установления энергии роста самосева и подроста расчёты проводились методом вариационной статистики.

В 2003 г. здесь были созданы лесные культуры ели, одновременно происходило естественное возобновление сосны обыкновенной, лиственницы европейской и мягколиственных пород. Результаты таксации, выполненные в 21-летнем возрасте, показали, что благодаря рубкам ухода, удалось сформировать хвойное насаждение с составом 32С31Е13Л24Б. После проведения рубок ухода в 2021 г. стала формироваться вторая волна

естественного возобновления из ели европейской, дуба черешчатого и клёна остролистного. Доля участия естественного возобновления исследованных пород была следующей: 72 % составляла ель, 22 % дуб и 6 % клён. На экспериментальном объекте еловый подрост по группам высот была представлена мелким – 9 %, средним – 72 % и крупным подростом – 19 %. Широколиственные породы сформировали к настоящему времени только мелкий – 73 % и средний подрост – 27 %.

За период с 2020 по 2023 гг. годичный прирост ели европейской был минимальным и составлял 5,8–6,2 см в год. Вегетационный период 2024 г. был отмечен повышением годичного прироста до 15 см. Средний возраст подроста ели европейской достигает 15 лет, возраст исследованных экземпляров варьирует от 7 до 22 лет. Средний возраст подроста широколиственных пород меньше и составляет 5 лет, возраст исследованных экземпляров варьирует от 4 до 11 лет.

Выводы и рекомендации. Для подроста ели европейской отмечена положительная динамика текущего прироста. Эффект проведения рубок ухода отражается на 3 год после проведения лесохозяйственного мероприятия. Для формирования высокопроизводительных хвойных молодняков в условиях простых свежих суборей необходимы интенсивные рубки ухода. Следующим приёмом предполагается проведение умеренного ухода с целью улучшения состава и структуры насаждения и создания благоприятных условий роста подросту хвойно-широколиственных пород и лучшим деревьям лиственницы и сосны, что позволит сформировать сложное по форме двухярусное насаждение.

Список литературы

1. Мелехов И.С. Лесоведение: учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1980. 408 с.
2. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Никольская лесная дача Щёлковского учебно-опытного лесхоза МГУЛ // Примеры отечественного опыта устойчивого лесоуправления и лесопользования: сборник статей / под общ. ред. Н. Шматкова; Всемирный фонд дикой природы (WWF). М.: WWF России/ 2013. С. 151-176.
3. Мельник Л.П. Особенности диссеминации лиственницы в Никольской лесной даче // Леса Евразии – Белорусское Поозерье: матер. XII Междунар. конф. молодых учёных, посвящ. 145-летию со дня рождения проф. Г.Ф. Морозова. (Беларусь – Литва, 30 сентября –6 октября 2012 г.). М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. С. 185-189.

УДК 630*231

ДИССЕМИНАЦИЯ И ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАССЫ СЕМЯН ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ НИКОЛЬСКОЙ ЛЕСНОЙ ДАЧИ

Королева А.П., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
anastasia.coroly0va@yandex.ru
Терехина М.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
terekhinamarina04@gmail.com
Научный руководитель: Мельник П.Г., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Задача лесоведения изучить урожаи семян древесных пород, прежде всего основных лесообразователей в различных географических, экологических и биогеоценотических

условиях произрастания, и установить закономерности связи количества и качества семян в зависимости от условий местопроизрастания. К ценным лесообразующим породам относится лиственница европейская, которая в условиях Подмосковья имеет высокую продуктивность, а прекрасные результаты возобновления за пределами естественного ареала показывают устойчивость и жизненность этой породы в новых условиях, что особенно важно для пород-интродуцентов [1].

Цель работы: изучить особенности семеношения и динамики показателей массы семян у лиственницы европейской в условиях северо-восточного Подмосковья.

Материалы и методика. Все методы количественной оценки урожая древесных растений сводятся к определению массы семян, которые можно заготовить с того или иного лесосеменного объекта. Объект исследования расположен на территории Никольской лесной дачи в Воря-Богородском участковом лесничестве Щёлковского учебно-опытного лесхоза Московской области. Эксперименты по изучению особенностей диссеминации лиственницы европейской проводятся здесь с 2011 г. [2]. Материнское насаждение представлено культурами лиственницы европейской, созданными в 1871 г. Тип условий местопроизрастания – простая свежая суборь (B_2). В 143-летнем возрасте насаждение характеризовалось Ia классом бонитета, составом первого яруса 9Л1СедЕ; второго яруса – 8Е2Кл. Общий запас стволовой древесины – 1233 $м^3$/га [3].

Изучение особенностей семеношения лиственницы европейской проводили с марта (апреля) по июль 2019–2023 гг., с помощью семеномеров, размером (1×1 м). Наблюдения за опадом семян в семеномеры размером 1 $м^2$ были предложены ещё в 1898 г. профессором М.М. Орловым для определения урожайности сосны и дуба в даче Руда Ново-Александрийского института сельского хозяйства и лесоводства.

По результатам исследований основная масса семян (89,4 %) оседает на расстоянии 40 метров от материнских деревьев. Почти половина (47,0 %) опавших семян рассевается в границах полога и опушки, причём под пологом насаждения выпадает четверть семян (24,9 %). Эффективность диссеминации под пологом в среднем достигает 312 шт./$м^2$ семян, с колебаниями от 152 в 2021 г. до 603 шт./$м^2$ в 2022 г. На опушке эффективность диссеминации составляет 277 шт./$м^2$ семян, далее через 40 м этот показатель падает до 89 шт./$м^2$, плавно снижаясь, по мере удаления семеномеров от насаждения. На расстоянии 50 м учтено лишь 48 шт./$м^2$ семян, а через 60 м, что немного меньше двойной высоте материнского насаждения, всего 27 шт./$м^2$ семян.

Также необходимо иметь представление об особенностях биологии и экологии семеношения лиственницы европейской в новых для неё условиях местопроизрастания. За период исследований у лиственницы европейской ежегодно наблюдается семеношение, самыми урожайными были 2020 и 2022 гг., а годами слабого урожая – 2019 и 2023 гг. За период наблюдений наименьшее значение расчётной массы 1000 семян у лиственницы зафиксировано в 2022 г. и составило 4,6 г, а наибольшее в 2021 г. – 6,3 г, что на 27 % больше. На основании учёта семеномерами средний за 5 лет годичный урожай на 1 га опавших семян у лиственницы европейской оказался – 4,5 кг (максимальный 8,6 кг – 2020 г., минимальный – 1,9 кг – 2023 г.).

Список литературы

1. Брынцев В.А., Коженкова А.А. Лесное семеноводство: учеб. пособие / 2-е изд. перераб. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 110 с.
2. Мельник Л.П. Особенности диссеминации лиственницы в Никольской лесной даче // Леса Евразии – Белорусское Поозерье: матер. XII Междунар. конф. молодых учёных, посвящ. 145-летию со дня рождения проф. Г.Ф. Морозова. (Беларусь – Литва, 30 сентября –6 октября 2012 г.). М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. С. 185-189.
3. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Опыт лесоводственного мониторинга в Никольской лесной даче. М.: ФБГОУ ВПО МГУЛ, 2015. 112 с.

УДК 630.62

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ И ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕЛЬНИКОВ В ОЗЕРЕЦКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ КЛИНСКОГО ФИЛИАЛА ГАУ МО «МОСОБЛЛЕС»

Курицына Е.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
elizavetakuricyna4@gmail.com
Шилова В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
swa-3005@bk.ru
Научный руководитель: Мельник П.Г., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Изучению динамики лесных экосистем давно уделяется большое внимание – познание динамических процессов позволяет глубже и разносторонне понять особенности наблюдаемого объекта или явления, выявить присущие ему тенденции, дать прогноз на будущее. Поэтому длительные наблюдения за временно́й изменчивостью биогеоценозов и их отдельных компонентов всегда были важной составной частью стационарных исследований, проводившихся в разных регионах нашей страны [1].

Основной целью работы является: изучение динамики площадей ельников за 100-летний период в условиях Клинско-Дмитровской гряды.

Объект исследований – Озерецкое участковое лесничество Клинского филиала ГАУ МО «Мособллес» расположено в Дмитровском районе Московской области. Согласно лесорастительному районированию, лесничество относится к району елово-широколиственных пород Клинско-Дмитровской гряды, которая представляет собой часть обширной Смоленско-Московской возвышенности [2]. На Смоленско-Московской возвышенности ель европейская является коренной древесной породой, её древостои произрастают в условиях ельников кисличников и ельников сложных и характеризуются высокой производительностью: растут по Iа–I и даже Iб классам бонитета, достигая запасов стволовой древесины 600 $м^3$/га и даже более [3]. На протяжении XX века в Клинском, Солнечногорском, Дмитровском и ряде других лесхозов было свойственно преобладание еловых лесов. Эту картину можно наглядно проследить по динамике покрытых лесом земель Озерецкого лесничества по преобладающим породам. Здесь ель, несмотря на интенсивное лесопользование на протяжении всего XX столетия, прочно удерживала свои лидирующие позиции как главенствующая лесообразующая порода [2].

Несмотря на это, в 90-х годах началось сокращение площадей еловых насаждений, которое особенно резко проявилось за последние годы. Площадь ельников за 20-летний период сократилась на 6,3 %, что является следствием засухи 2010 г. и отсутствием рубок ухода за молодняками хвойных пород. Согласно данным лесоустройства, выполненного в 2019 г., преобладающими породами Озерецкого лесничества являются ель – 57 %, берёза – 25 % и осина – 15 %.

Еловые насаждения Озерецкого лесничества имеют неблагоприятную возрастную структуру, распределение насаждений по классам возраста неравномерно. Ельники представлены в основном молодняками и средневозрастными насаждениями. Средний класс бонитета ели – I,9, что является благоприятным фактором для выращивания высокопродуктивных ельников. Наличие значительного количества высокополнотных насаждений (0,7–0,8), при средней полноте 0,72, обуславливает необходимость проведения рубок ухода на больших площадях с целью удаления мягколиственных пород.

В результате выполненной работы, можно сделать следующие выводы:

–ретроспективный анализ динамики лесного фонда Озерецкого участкового лесничества с 1916 г. по 2019 г., показывает, что на протяжении всего XX столетия, ель европейская прочно удерживала свои лидирующие позиции как главенствующая лесообразующая порода;

–по данным последнего лесоустройства, доля участия ели сократилась на 6,3 %, по причине отсутствия лесоводственных уходов за молодняками;

–мягколиственные породы представлены берёзой, осиной и ольхой серой. В начале XXI века, площадь, занимаемая осиной, увеличилась на 7,1 %, что является негативным результатом ведения лесного хозяйства в лесничестве.

Список литературы

1. Рысин Л.П. Динамика хвойных лесов Подмосковья / Л.П. Рысин, А.В. Абатуров, Л.И. Савельева и др. М.: Наука, 2000. 221 с.
2. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Лесоводственная экскурсия в леса Клинско-Дмитровской гряды. М.: МГУЛ, 2002. 93 с.
3. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Тишков А.С. Ель европейская как лесообразователь на Смоленско-Московской возвышенности // Лесной вестник. 2024. Т. 28. № 1. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-5-13.

УДК 630*902

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA), ВЫЯВЛЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ГЕЛЕНДЖИКСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Пахомова М.Д., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
mari_pd@mail.ru
Научный руководитель: Денисова Н.Б., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Работы по изучению видового состава фауны чешуекрылых были проведены в грабово-буковых насаждениях, расположенных на территории Геленджикского лесничества Краснодарского края, которое расположено в юго-западной части Краснодарского края. Территория Геленджикского лесничества граничит: с севера – Абинским и Афипским лесничествами, с востока – Джубгским лесничеством, с юга – Черноморским побережьем, с запада – Новороссийским лесничеством. Леса Геленджикского лесничества отнесены к Северо-Кавказскому горному району к лесорастительной зоне горного Северного Кавказа и горного Крыма на основании приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». Для отлова высших разноусых чешуекрылых использовался метод с применением светоловушек. В данном исследовании использовали лампы ДРВ, в ряде случаев одновременно кварцевую лампу и лампу накаливания. Под лампами была установлен экран, изготовленный из белой бязи 1,5×2,5 м. Собранные бабочки были упакованы в бумажные пакетики и снабжены этикетками. Также сбор насекомых осуществлялся на разных фазах развития, в том числе была собрана листва с древесных растений, для последующего лабораторного анализа (определение представителей семейства Gracillariidae).

В результате проведенного исследования на территории Геленджикского лесничества Краснодарского края было выявлено 65 видов представителей отряда Lepidoptera,

относящихся к шести семействам, повреждающих различные лиственные породы деревьев. Так как обследованием были охвачены дубово-грабовые насаждения, произрастающие на территории данного лесничества, особое внимание было уделено вредителям таких древесных пород как дуб, бук и граб. Сбор насекомых осуществлялся на разных фазах развития, в том числе была собрана листва с древесных растений, для последующего лабораторного анализа (определение представителей семейства Gracillariidae).

На дубе в результате проведенного обследования были выявлены следующие виды вредителей: *Acleris forsskaleana, Clepsis neglectana, Hedya ochroleucana, Zeiraphera isertana, Eucosma obumbratana, Cydia amplana, Strophedra nitidana* (Tortricidae); *Caloptilia alchimiella, Phyllonorycter roboris, Phyllonorycter harrisella* (Gracillariidae); *Chrysodeixis chalcites, Diachrysia zosimi, Deltote pygarga, Acronicta aceris, Orthosia gothica, Enargia paleacea, Cyrebia luperinoides, Colocasia coryli, Anaplectoides prasina* (Noctuidae); *Trichiura crataegi, Lasiocampa quercus, Gastropacha quercifolia* (Lasiocampidae); *Lymantria dispar, Orgyia dubia* (Lymantriidae); *Xanthorhoe ferrugata, Scotopteryx moeniata, Xanthorhoe montanata* (Geometridae) [1].

На буке в год исследования обнаружены следующе виды: *Cochylimorpha nodulana, Aethes caucasica, Crocidosema plebejana, Cydia fagiglandana* (Tortricidae); *Caloptilia alchimiella, Parornix fagivora, Phyllonorycter harrisella* (Gracillariidae); *Trichiura crataegi*, *Gastropacha quercifolia* (Lasiocampidae); *Lymantria dispar* (Lymantriidae); *Schistostege nubilaria, Odezia atrata, Lobophora halterata, Xanthorhoe montanata* (Geometridae). Видовое разнообразие видов на грабе также значительно, но все выявленные виды отмечены также на таких древесных породах как дуб и бук [2].

На кизиле были выявлены следующие виды листовертов, это *Acleris variegana, Aphelia euxina;* минеров в год исследования выявлено не было, к видам вызывающим такие типы повреждений на кизиле как грубое объедание и скелетирование относятся**:** *Abrostola asclepiadis, Lymantria dispar, Coenocalpe lapidata* [3].

Так как на территории Краснодарского края отмечены инвазивные виды, такие как самшитовая огневка, продолжение изучения фауны чешуекрылых актуально и необходимо в последующие годы.

Список литературы

1. Алфераки С.Н. К фауне чешуекрылых Северного Кавказа (исправления и добавления) // Тр. РЭО. 1907 (1908). № 7. С. 203-205.
2. Щуров В.И. К фауне чешуекрылых Северо-Западного Кавказа // Актуальн. вопр. экол. и охр. природ, экосист. южн. рег-нов России и сопред. терр.: тез. докл. X Межресп. науч.-практ. конф. (15-16 апреля 1997 г. ; Краснодар). Краснодар: КубГУ, 1997 С. 178-181.
3. Гниненко Ю.И., Михайлова Н.А., Щуров В.И. Современное состояние можжевеловых лесов Черноморского побережья Кавказа // Сохранение и защита горных лесов : материалы Междунар. симп., (Ош, 5-10 окт. 1999 г.). г. Ош / Редкол.: Б. А. Токторалиев (отв. ред.) и др. Ош : Ош. технол. ун-т, 1999. С. 59-60.

СЕКЦИЯ «ЛЕСОУПРАВЛЕНИЕ, ЛЕСОУСТРОЙСТВО И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

УДК 630*524.1

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СБЕГА КОМЛЕВОЙ ЧАСТИ СТВОЛОВ ЕЛИ И СОСНЫ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гунина Т.Ю., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
tanusha.gunina.04@mail.ru
Козлова В.Л., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Стоноженко Л.В., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В настоящее время существует ряд нормативных документов, на основании которых государственные лесные инспекторы проводят расчет размера ущерба, нанесенного лесам. Постановление Правительства РФ от 29.12.2018 № 1730 [1] предполагает определение объема древесины по сортиментным таблицам, применяемым в субъекте Российской Федерации, по первому разряду высот в коре. Диаметр ствола деревьев измеряется на высоте 1,3 метра ($D_{1,3}$), а в случае отсутствия ствола дерева – по диаметру пня срубленного дерева. На практике подобные вычисления ведут к завышению запаса срубленной древесины, в ряде случаев более чем в два раза. Такое положение дел приводит к переводу административных дел в уголовные при относительно небольших объёмах фактически срубленной древесины (2–3 дерева).

Цель исследования – рассмотреть особенности сбега комлевой части стволов ели и сосны в условиях Московской области, выявить возможные закономерности и зависимости, которые могут быть использованы при расчёте ущерба от незаконной рубки.

Были проведены измерения 15 модельных деревьев ели (*Picea abies* (L.) Karst.) и 12 модельных деревьев сосны (*Pinus sylvestris* L.).

Проведена обработка материалов и применена методика расчетов коэффициента формы для диаметров, взятых на разных высотах модельных деревьев. Отличие от результатов, полученных по стандартной методике, заключалось в том, что определялись средние значения диаметра на высотах 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 м. На основе данных, полученных от разных моделей, определялись усредненные значения. Для массива данных оценивалось варьирование признака и точность опыта, а также ряд показателей описательной статистики, обосновывалось необходимое количество повторностей измерений.

Из-за высокого варьирования диаметров нижней части ствола ели требуется довольно большое количество повторностей: 81 модель при высоте пня на уровне шейки корня (0 см) и 32 модели при высоте пня 10 см. По сосне количество требуемых повторностей – 16 деревьев при высоте пня 0 см и 4–8 деревьев при высоте пня 10 см и более. С увеличением высоты варьирование коэффициента формы снижается, что приводит к снижению требуемого количества измерений.

Полученные экспериментальные данные позволили вывести уравнения зависимости для определения коэффициента формы на любой высоте пня [2]. Для ели такая зависимость описывается уравнением вида:

$$q = -0{,}14 \cdot \ln(h) + 1{,}6902 \quad (1)$$
$$R^2 = 0{,}99$$

Для комлевой части стволов сосны:

$$q = -0{,}059 \cdot \ln(h) + 1{,}3212 \quad (2)$$
$$R^2 = 0{,}974$$

где h – высота пня в см; q – коэффициент формы.

Для определения показателя $D_{1,3}$ с использованием полученных зависимостей необходимо замерить диаметр пня и его высоту. По представленным выше уравнениям регрессии определяется соответствующий коэффициент формы. Далее определяют $D_{1,3}$ по уравнению вида:

$$D_{1,3} = D_h / q_h \quad (3)$$

где D_h – диаметр пня на соответствующей высоте;

q_h – коэффициент формы на соответствующей высоте пня;

$D_{1,3}$ – диаметр ствола на высоте 1,3 м.

После этого объемы стволов срубленных деревьев определяют с использованием объемных или сортиментных таблиц по стандартной методике.

Выявленные зависимости позволяют избежать недостатков, присущих действующим в настоящее время методикам. По нашему мнению, необходимо внедрять подобную методику в практику работы лесных инспекторов и при проведении лесотехнической экспертизы.

Список литературы

1. Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства: постановление Правительства РФ от 29 декабря 2018 г. № 1730. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299 (Дата обращения 15.04.2025).
2. Стоноженко Л.В., Югов А.Н., Карминов В.Н., Иванов Н.Г. Применение MS Excel и Statistica for Windows для лесотаксационных вычислений и обработки экспериментальных данных методами математической статистики: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2012. 88 с.

УДК 630*85

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СНИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ ПОВРЕЖДЁННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Зеленцова Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
zelentsova_y@list.ru
Сейдалов А.Н., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
sashaseid@yandex.ru
Научный руководитель: Стоноженко Л.В., к.с.-х.н. доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Проведенное исследование было направлено на изучение динамики изменения товарной структуры сосновых древостоев [1], поврежденных природными факторами (ветровалами, буреломами и подмывами рек) в условиях Владимирской области. В ходе полевых работ на пробных площадях осуществлялся детальный анализ стволов поврежденных деревьев с различными сроками давности повреждений – от свежих до

четырехлетней давности. Основные методы включали подеревную сортиментацию, оценку пороков древесины и математический анализ динамики снижения сортности.

Для оценки сортности древесины применялась расширенная классификация из 6 уровней: с 1-го по 4-й – деловая древесина, 5-й – дровяная, 6-й – неликвид. Такой подход обеспечил точный контроль перехода древесины между категориями. Средневзвешенный сорт стволов и древостоев [2] рассчитывался по формуле с учетом объемных долей каждого сорта.

Средневзвешенный сорт ствола:

$$К_{ср} = (V_1 \cdot 1 + V_2 \cdot 2 + V_3 \cdot 3 + V_4 \cdot 4 + V_{др} \cdot 5 + V_{нл} \cdot 6)/V_{общ}; \quad (1)$$

где: $K_{ср}$ – средневзвешенный сорт поврежденного дерева; V_1, V_2, V_3, V_4, $V_{др}$ – объемы сортиментов по сортам и дров; 1, 2, 3, 4 – индекс сорта, дровяной древесине присвоен индекс сорта «5», неликвиду – «6»; $V_{общ}$ – объем ствола без коры.

Расчёт средневзвешенного сорта для совокупности поврежденных деревьев для каждой пробной площади по следующей формуле:

$$К_{ср.п.п.} = \Sigma(V_1 \cdot 1 + V_2 \cdot 2 + \cdots)/\Sigma V_{п.п.} \quad (2)$$

где $K_{ср.п.п.}$ – средневзвешенный сорт совокупности поврежденных деревьев в пределах пробной площади.

Анализ выявленных пороков показал их дифференцированное влияние на сортность. Заболонные грибные окраски (синева) изменяют лишь внешний вид древесины, не переводя её в дровяную. Поверхностные червоточины допускаются во всех сортах, тогда как глубокие снижают сорт до 3–4. Наибольшее влияние оказывали сломы, переводя до 13 % объема дерева в дровяную категорию, причем этот показатель возрастает при комлевых повреждениях.

Результаты показали, что снижение сортности наиболее интенсивно происходит в первые 3–4 года после повреждения. В первый год потери были минимальны, на 2–3 год наблюдалось резкое ухудшение качества из-за активного развития пороков, а к 4-му году большая часть древесины становилась дровяной или неликвидной. Установлена математическая зависимость [3] между временем после повреждения и сортностью, описываемая полиномом 3-го порядка; $R^2 = 0{,}8433$.

$$y = 0{,}2314x^3 - 0{,}9864x^2 + 1{,}7934x + 1{,}8788 \quad (3)$$

Практические выводы работы подчеркивают необходимость проведения сплошных санитарных рубок в первый год после повреждения, что позволяет сохранить 80–90 % деловой древесины. Задержка с рубками до 3–4 лет приводит к значительным экономическим потерям. Рекомендации включают оптимизацию административных процедур согласования рубок, так как существующие сроки (3–12 месяцев) значительно снижают их эффективность.

Исследование имеет важное значение для лесопромышленного комплекса, предлагая научно обоснованные подходы к оптимизации использования поврежденной древесины. Полученные данные могут быть применены при экономическом обосновании сроков проведения санитарных мероприятий и разработке нормативных документов по оценке качества древесины.

Список литературы

1. Мошкалев А.Г., Книзе А.А., Ксенофонтов Н.И., Уланов Н.С. Таксация товарной структуры древостоев. М.: Лесная промышленность, 1982. 160 с.

2. Стоноженко Л.В., Коротков С.А., Иванов Н.Г. Закономерности распространения пороков древесины в ельниках Московской области и их влияние на сортиментно-сортную структуру // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 99–102.

3. Стоноженко Л.В., Югов А.Н., Карминов В.Н., Иванов Н.Г. Применение MS Excel и Statistica for Windows для лесотаксационных вычислений и обработки экспериментальных данных методами математической статистики: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2012. 88 с.

УДК 528.856

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗАОКСКОГО РАЙОНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ПО КОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Лаврова П.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
vanya2012228@mail.ru
Тугаринова С.П., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Халидов М.Х., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»
Научный руководитель: Киселева В.В., к.б.н., доцент
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Актуальность работы обусловлена современными требованиями к природоресурсным исследованиям. Сегодня дистанционные методы становятся важнейшим инструментом анализа, и чтобы они были действительно эффективны, необходимо развивать подходы к получению и обработке космической информации [1].

Предметом исследований является космический мониторинг земной поверхности, а объектом – особенности ландшафта исследуемой территории.

Цель исследования – провести комплексный ландшафтный анализ территории Заокского района, опираясь на данные спутниковых наблюдений.

Была произведена оцифровка рельефа по топографической карте. На её основе построена цифровая модель рельефа (ЦМР). Использовались инструменты QGIS, включая полуавтоматические методы (такие как Raster Tracer), что позволило сократить время работы примерно в 15 раз.

Полученную ЦМР сравнили с цифровой моделью местности (ЦММ), сформированной по данным космической радарной съемки. Анализ показал, что ЦМР лучше передает естественные формы рельефа, например, на ней чётко видны русла рек. В то же время ЦММ позволяет идентифицировать техногенные объекты, такие как железнодорожные пути, но искажает реальный рельеф за счёт учёта высоты деревьев и зданий.

На основе ЦМР были созданы карты форм рельефа и экспозиции склонов. На исследуемой территории преобладают равнинные участки и склоны, при этом населенные пункты и пахотные угодья по состоянию на 1978 г. были приурочены к наиболее выровненным участкам.

С использованием мультиспектральных снимков Landsat 8 за 2024 г. была проведена классификация пикселей по спектральным каналам [2]. Это позволило выделить основные типы земного покрова. Всё множество автоматически выделенных классов (более 25) было сгруппировано по категориям: агроценозы, сады, леса, населённые пункты, луга, закустаренные территории, лесополосы, водные объекты, здания и сооружения.

Сравнив данные о структуре территории с аналогичными, полученными по топографической карте 1978 г., зафиксировали ряд изменений. В первую очередь обращает на себя внимание расширение жилой застройки – новые дома и инфраструктура возникают на месте сельскохозяйственных угодий. В то же время, часть сельхозземель оказалась заброшенной, на этих участках начался естественный процесс зарастания.

Накладывая векторные слои площадей лесной растительности за 1978 и 2024 гг., получили карту динамики лесных территорий. Имеются незначительные по площади территории, где лес утрачен, преимущественно вблизи населенных пунктов. Отдельно выделены участки, где леса, наоборот, прибавилось – они появились на месте бывших полей и по окраинам существующих лесных массивов.

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

1. При крупномасштабном анализе наиболее достоверную модель рельефа даёт оцифровка по топографическим картам. В отличие от неё, радарные данные, на основе которых строится ЦММ, дают искаженную картину за счёт высоты надземных объектов.

2. Мультиспектральные снимки позволяют эффективно отслеживать антропогенные изменения в ландшафте. Особенно наглядным становится анализ при сопоставлении с историческими данными.

3. Изменения в лесном покрове не носят критического характера – наблюдается как вырубка, так и восстановление, чаще всего на заброшенных землях.

4. Для качественного дистанционного мониторинга важно выбирать съёмку с разрешением, соответствующим масштабу изучаемой территории. Это позволяет избежать чрезмерной детализации и упрощает классификацию.

Список литературы

1. Коновалов Л.А., Митрофанов Е.М., Чумаченко С.И., Князева М.Д. Аэрокосмический мониторинг: учебно-методическое пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 74 с.
2. Князева М.Д., Митрофанов Е.М., Чумаченко С.И., Шайтура С.В. Автоматизированная обработка аэрокосмической информации в пакете Erdas Imagine: учебное пособие. Бургас: Институт за хуманитарни науки, икономика и информационни технологии = Институт гуманитарных наук, экономики и информационных наук, 2018. 114 с.

УДК 910.27

РАЗРАБОТКА ГИС-ПРОЕКТА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ПРИРОДНЫЙ ПАРК «АНАПСКАЯ ПЕРЕСЫПЬ»

Масейкин Д.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
masejkindana@gmail.com
Научный руководитель: Карминов В.Н., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В результате столкновения двух танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» в Керченском проливе часть территории особо охраняемой природной территории **(**ООПТ) регионального значения «Анапская пересыпь» подверглась загрязнению нефтепродуктами. С 16 декабря 2024 г. на территории ООПТ ведутся работы по ликвидации чрезвычайной ситуации.

«Анапская пересыпь» расположена в северо-западной части российского побережья Чёрного моря, это узкая полоса от южной оконечности Таманского полуострова на севере до мыса Анапский на юге, имеет протяжённость около 40 км, ширина варьирует от 60 м до 1600 м. Её географические особенности делают этот участок уязвимым перед возможными рисками чрезвычайных ситуаций различного характера. Здесь располагаются места гнездования околоводных птиц, проходят важнейшие миграционные пути и располагаются места зимовок многих видов птиц, в том числе 29 видов, занесённых в Красные книги Российской Федерации

и Краснодарского края, и 9 видов из Красной книги Международного союза охраны природы (МСОП).

Для грамотного взаимодействия различных служб и структур при ликвидации последствий техногенной катастрофы требуется создание системы картографической поддержки проведения работ, поэтому целью данной работы является создание ГИС-проекта территории ООПТ «Анапская пересыпь».

Была проведена разработка структуры ГИС; сбор и структуризация данных из открытых источников, включающих данные ДЗЗ, общедоступные карты и имеющиеся геолоцированные фотографии местности; подготовка тематических карт, необходимых для выполнения работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации; ведение ГИС в онлайн режиме; компоновка бумажных карт на основе полученной информации.

Структура проекта состоит из следующих базовых элементов: подложка OpenStreetMap; тайловый космический снимок Yandex Satellite; векторный слой формата KML, созданный сотрудниками ООПТ; разработанный слой формата GPKG, с секторами и номерами; фотографии с территории; база данных для сбора и аккумуляции информации об экологическом состоянии территории.

Оперативный мониторинг должен обеспечивать быстрое получение актуальной информации о текущих условиях на обследуемой территории. Наиболее эффективным способом реализации такого мониторинга является физический проход или проезд по всей площади объекта с достаточно высокой плотностью треков, так как спутниковая навигация в зоне проведения работ затруднена. Это требует выполнять пространственную привязку, основываясь на методах визуального ориентирования. Для повышения точности работ рекомендуется развернуть систему наземных опорных знаков по сетке с заданным шагом.

Такая методика имеет ряд преимуществ: возможность прямого осмотра участка и непосредственной фиксации происходящих процессов; повышение уровня точности данных за счёт отсутствия искажающих факторов, характерных для методов дистанционного наблюдения; возможность запечатления фотографий местоположений конкретных объектов, что облегчит последующую обработку и использование данных в онлайн-сервисах.

Долговременный мониторинг необходим для отслеживания долговременных тенденций изменений природных характеристик территории [1]. Его основной задачей становится выявление устойчивых закономерностей и предвидение вероятных кризисных ситуаций. Оптимальным решением для осуществления длительного мониторинга является сочетание дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и эколого-прогностической аналитики. Регулярный сбор спутниковых данных, периодически обновляемые снимки высокой чёткости позволят своевременно отслеживать любые изменения в структуре растительного покрова, особенностях рельефа и иных параметрах территории. Используя специализированные модели прогнозирования, можно предсказывать потенциальные риски возникновения чрезвычайных ситуаций (наводнения, пожары, загрязнение воды и воздуха). Интеграция данных будет состоять в совместном использовании ДЗЗ и прогнозируемых сценариев, что создаёт основу для выработки стратегий устойчивого развития и минимизации негативных воздействий на окружающую среду.

Итогом проведённых исследований и разработок стал ГИС-проект, разработанный в открытой геоинформационной среде QGIS, направленный на создание специализированной картографической базы данных для территории, подверженной последствиям чрезвычайной ситуации [2, 3].

Данный проект позволит существенно повысить эффективность мероприятий по устранению негативных последствий катастрофы. Это особенно актуально для рассматриваемой территории, поскольку она характеризуется наличием редких видов фауны и специфическими ландшафтными особенностями, что придаёт ей особое значение как зоне охраны природы. Картографическая база данных, предлагаемая проектом, послужит основой

системы поддержки принятия оперативных решений, обеспечит быструю оценку ситуации и организацию эффективных мероприятий по ликвидации ЧС и поддержанию территории.

Список литературы

1. Князева М.Д., Митрофанов Е.М. Аэрокосмос на защите окружающей среды // Славянский форум. 2022. № 3(37). С. 416-422.
2. Махрова Т.Г., Митрофанов Е.М. Составление дендроплана дендрария МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана при помощи БПЛА // Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках : материалы XII Международной конференции, приуроченной к 80-летию Ботанического сада Иркутского государственного университета (Иркутск, 17–22 августа 2021 г.) / Отв. редактор С.В. Сизых. Иркутск: Иркутский государственный университет. 2021. С. 47-49.
3. Митрофанов Е.М., Масленников А.А. Опыт применения программных решений для картирования напочвенного покрова с использованием API QGIS // Славянский форум. 2023. № 1(39). С. 279-284.

УДК 630*161

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕНДРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОЛИГОНА МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА)

Соболев И.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства»
sobolev.ilya.alexandrovich@gmail.com
Научный руководитель: Карминов В.Н., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства»

Леса являются сложной и неоднородной системой. В современных условиях развития лесного хозяйства особую актуальность приобретают вопросы автоматизации процессов таксации и мониторинга лесных массивов. Традиционные методы дендрометрических измерений, основанные на ручном сборе данных, отличаются достаточно высокой трудоемкостью и субъективностью получаемых результатов. В связи с этим, применение технологий наземного лазерного сканирования открывает новые перспективы для совершенствования методов лесной инвентаризации. Данное исследование посвящено разработке рекомендаций и оптимизации методики автоматизированной обработки данных наземного лазерного сканирования с использованием плагина 3DFin в программном обеспечении CloudCompare на примере Фряновского научно-исследовательского полигона МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Актуальность определяется потребностью в автоматизации лесного мониторинга, а также применением в лесном хозяйстве и экологии. Лидарные технологии позволяют быстро получать данные, но их обработка требует точных алгоритмов [1]. Плагин 3DFin является одним из инструментов для реконструкции деревьев, но его эффективность сильно зависит от настроек. Неверно подобранные параметры приводят к потере тонких ветвей, ложным срабатываниям или пропуску стволов.

Основной целью работы является повышение точности автоматического определения диаметров деревьев путем оптимизации параметров обработки облаков точек в плагине 3DFin [2]. Особое внимание уделялось анализу влияния трех ключевых параметров: разрешения

вокселей (voxel resolution), минимального количества точек в вокселе (Number of points) и порогового значения точек в сечении ствола (Points within section).

Методика исследования включает серию экспериментов с различными комбинациями перечисленных выше параметров. Был проведен анализ трёхфакторного эксперимента с вариациями разрешения вокселей от 0,02 до 0,035 м, минимального количества точек в вокселе от 150 до 1000, а также минимального количества точек в сечении от 30 до 80. Всего было проверено 27 конфигураций.

Этот эксперимент проводился на части секции № 7 Фряновского научно-исследовательского полигона МГТУ им. Н.Э. Баумана. На этом участке находятся 318 деревьев. Больше всего верно определенных диаметров было при эксперименте с конфигурацией, когда разрешение вокселя было 0,035 м, минимальное количество точек в вокселе составляло 150, а минимальное количество точек в секции было установлено 30. При такой конфигурации диаметр был верно определен для 227 деревьев.

Также стоит учитывать, что при низком значении параметра Number of points количество объектов, ошибочно определенных как деревья, возросло почти в 2 раза и составило 23 штуки, а при высоком значении на уровне 1000 точек было 10 ошибочно определенных деревьев. В итоге конфигурацию 0,035 м – 1000 точек в вокселе – 30 точек на секцию можно рассматривать как наиболее точную с наименьшим числом ложно определенных деревьев, а конфигурацию 0,035 м – 150 точек в вокселе – 30 точек на секцию как наиболее точную по количеству верно определенных диаметров.

Результаты демонстрируют, что параметр Points within section оказывает наиболее существенное влияние на результаты автоматизированного определения диаметров. Для достижения максимальной эффективности рекомендуется использовать значение 30 при разрешении вокселей 0,035 м и количестве точек в вокселе 150. Полученные данные могут применяться для оптимизации алгоритмов обработки данных наземного лазерного сканирования в лесном хозяйстве.

Список литературы

1. Чумаченко С.И., Терехов В.И., Митрофанов Е.М., Гришин И.А. Подход к автоматической оценке таксационных параметров деревьев с помощью данных LiDAR // Динамика сложных систем – XXI век. 2022. Т. 16. № 4. С. 63–73. DOI 10.18127/j19997493-202204-06.

2. Карминов В.Н., Митрофанов Е.М., Иванова А.В. и др. Разработка геоинформационной системы дендросада МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана на основе данных наземного лазерного сканирования // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2023 г.: материалы конференции (Мытищи, 29–31 января 2024 г.) Красноярск: ООО «Научно-инновационный центр». 2024. С. 38–41.

УДК 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В КЛАССИФИКАЦИИ ДЕРЕВЬЕВ ПО КАТЕГОРИЯМ СОСТОЯНИЯ: ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ТОЧНОЙ И БЫСТРОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Соболев И.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
sobolev.ilya.alexandrovich@gmail.com
Чернякова В.В., студент
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
vika.20002@mail.ru
Научные руководители: Карминов В.Н., к.с.-х.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»;
Киселёва В.В., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Мониторинг состояния лесов играет ключевую роль в сохранении экосистем и управлении лесными ресурсами [1]. Традиционные методы анализа являются трудоёмкими и требуют значительных временных затрат, что делает актуальным внедрение автоматизированных решений. В данной работе исследуется применение нейронной сети YOLO11 для классификации деревьев по категориям санитарного состояния на основе аэрофотоснимков.

Целью работы является разработка модели для автоматической классификации состояния деревьев с использованием нейронных сетей. Основные задачи включали сбор и обработку данных, выбор архитектуры модели, обучение и оценку её производительности. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации процессов мониторинга за лесами в условиях сильного влияния на них биотических и абиотических факторов (в том числе, в результате климатических изменений, антропогенного воздействия и их последствий) [2].

Для классификации выбрана модель YOLO11, обладающая улучшенной архитектурой и поддерживающая задачи обнаружения объектов и сегментации. Её преимущества включают высокую скорость обработки изображений, адаптивность к различным платформам и возможность работы с ограниченными вычислительными ресурсами. Обучение проводилось на подготовленных наборах данных (датасетах), собранных для обучения искусственного интеллекта с различными объемами размеченных аэрофотоснимков (311 снимков), разделённых на обучающую (70 %), валидационную (20 %) и тестовую (10 %) выборки [3]. Разметка данных выполнена с помощью программы Label Studio, где каждое дерево было отнесено к одной из пяти категорий: здоровые, ослабленные, свежий сухостой, старый сухостой, бурелом/ветровал. Для обучения модели использовалась библиотека Ultralytics, а процесс включал настройку гиперпараметров, таких как количество эпох (полных проходов алгоритма через весь набор данных; по умолчанию 100) и размер изображений (выбран размер 1280 пикселей).

Оценка скорости обучения модели проводилась на различных устройствах, включая видеокарты Quadro 2000, RTX 2080 и процессор Ryzen 5 5500U. Результаты показали, что обучение на графическом процессоре (GPU) значительно эффективнее: модель размера «Nano», оптимизированная для небольших и лёгких задач на видеокарте Quadro 2000 обучалась 24 минуты, в то время как на процессоре Ryzen 5 5500U этот процесс занял 2,5 часа. Тестирование также подтвердило, что более мощные видеокарты, такие как RTX 2080,

обеспечивают стабильную скорость обработки независимо от объёма данных. Это делает YOLO11 пригодной для обучения на больших массивах аэрофотоснимков в реальном времени.

В результате классификации на тестовом наборе данных модель YOLO11 продемонстрировала точность определения состояния дерева около 70 %. Это подтверждает её эффективность при автоматизированном анализе аэрофотоснимков, несмотря на сложность задачи, включая различия в освещении, плотности крон и наложении объектов. Наибольшая точность достигнута для контрастных категорий, таких как свежий и старый сухостой, а также бурелом и ветровал. В то же время классификация ослабленных деревьев и усыхающих требует доработки, вероятно, из-за схожести визуальных признаков или недостаточной репрезентативности данных.

Для дальнейшего улучшения модели рекомендуется расширить объём и разнообразие обучающих данных, включив изображения с разными типами повреждений и условиями съёмки. Также важным направлением является интеграция модели в существующие геоинформационные системы, такие как QGIS, что потребует дополнительных доработок. Применение нейронных сетей, в частности YOLO11, открывает новые возможности для автоматизации мониторинга лесов, повышая точность и скорость анализа. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию архитектуры модели, увеличение датасета и разработку методов минимизации ошибок классификации.

Список литературы

1. Kiseleva V., Korotkov S., Naidenova E., Stonozhenko L. Structure and regeneration of spruce forests as affected by forest management practices in the Moscow region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Jubilee Scientific and Practical Conference Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018) (Voronezh, 04-05 October, 2018). IOP: Institute of Physics Publishing. 2019. Pp. 012–042.
2. Стоноженко Л.В., Мартыненко О.В., Антипенко Т.А. и др. К вопросу устойчивости ельников Подмосковья // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы Девятой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием (Петрозаводск, 02 мая 2023 г.). Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет. 2023. С. 168–169.
3. Чернякова В.В. Применение нейросетей в классификации пород деревьев: обучение модели для точной и быстрой идентификации // Студенческая научная весна: сборник тезисов докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея (Москва, 01–30 апреля 2024 г.). М.: Издательский дом «Научная библиотека». 2024. С. 339–340.

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

УДК 630.36

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Аникина А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
a.nikina@mail.ru
Белькович А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
anastasya.smychkova@yandex.ru
Гайфулин Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
23dascha23@mail.ru
Научный руководитель: Борисов В.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В современных условиях развития дорожно-строительной отрасли особую актуальность приобретает проблема рационального использования вторичных материальных ресурсов промышленности при сооружении лесных дорог. Внедрение таких материалов в дорожные конструкции позволяет не только оптимизировать экономические затраты на строительство, но и минимизировать антропогенное воздействие на окружающую среду.

К числу наиболее перспективных вторичных ресурсов, применяемых в дорожном строительстве, относятся: металлургические шлаки (доменные, сталеплавильные, ферросплавные), золошлаковые материалы тепловых электростанций, отходы строительной индустрии (бетонный и асфальтобетонный лом, кирпичный бой), древесные отходы лесоперерабатывающих предприятий, а также продукты переработки изношенных автомобильных шин.

Металлургические шлаки, обладающие высокой механической прочностью (до 120 МПа на сжатие) и устойчивостью к динамическим нагрузкам, успешно применяются в качестве минерального наполнителя для нижних конструктивных слоев дорожной одежды. Золошлаковые смеси демонстрируют выраженные гидравлические свойства, что позволяет использовать их для стабилизации слабых грунтов в основании дорожного полотна [1].

Отходы строительной индустрии после механической активации и фракционирования могут заменять до 40–60 % традиционных каменных материалов в составе дорожных оснований. Древесные отходы (технологическая щепа, опилки) применяются в качестве армирующих добавок к грунтам, повышая их сопротивление сдвигу на 15–20 %. Резиновая крошка фракции 2–5 мм, вводимая в асфальтобетонные смеси в количестве 3–7% по массе, существенно улучшает их деформационно-прочностные характеристики.

С точки зрения экологической безопасности, использование вторичных ресурсов способствует решению проблемы утилизации промышленных отходов, сокращая объемы их складирования на 25–30 %. Экономический эффект достигается за счет снижения себестоимости дорожного строительства на 15–25 % при сохранении нормативных эксплуатационных характеристик конструкций.

Однако широкомасштабное внедрение данных технологий сдерживается рядом факторов: необходимостью разработки специализированных технологических регламентов, отсутствием унифицированных методов контроля качества вторичных материалов, а также недостаточной изученностью их долговременного поведения в различных климатических условиях.

Перспективными направлениями научных исследований в данной области являются: разработка математических моделей прогнозирования деформаций конструкций с применением вторичных материалов [1], создание композитных геосинтетических систем на их основе, а также совершенствование нормативно-технической базы. Решение этих задач позволит существенно расширить область эффективного применения промышленных вторичных ресурсов в строительстве лесных дорог различного технического класса.

Список литературы

1. Лутц М. Изучаем Python / 4-е издание. Пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2011. 1280 с.

УДК 630*377.7

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ АВТОДОРОГ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ИСКУССТВЕННОГО ЛЬДА

Ветров А.В., аспирант
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
vetrov.5as@yandex.ru
Волченкова А.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
volch1993@y andex.ru
Клепалова А.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
klepalova.aleks@yandex.ru
Научный руководитель: Никитин В.В., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Недостаточная протяженность российских лесных дорог с покрытиями переходного типа создает затруднения в деятельности лесозаготовительных предприятий, особенно в зимний период года, когда заготавливается 60–65 % годового объема древесины. Чтобы компенсировать недостаток всесезонных дорог, зимой для вывозки древесины лесопромышленные предприятия широко используют дороги зимнего действия. Но проблемой таких дорог является ограниченный срок их работы. Целью данного исследования является возможное удлинение срока действия зимних: автодорог за счет использования в качестве их покрытия искусственного льда (ИЛ).

Изучены типы ИЛ, их молекулярная структура и физико-механические характеристики. Известно, что различают 4 класса ИЛ [1], для нужд строительства зимних лесных автодорог применим, в основном, ИЛ класса А и реже Б. Эти классы характеризуются различной ориентировкой кристаллов льда. В частности., класс А имеет волокнистую текстуру и серый цвет из-за мелких включений соли и воздуха (0,1–0,5 мм) в вертикальных цепочках кристаллов. Такой ИЛ получают из пресной воды, содержащей не более 2 % примесей. Для класса Б, имеющего в своем составе от 2 до 25 % примесей (преимущественно различных солей), кристаллы ориентированы более хаотично, что снижает прочность конечного

материала [2]. Результаты свидетельствуют, что прочностные качества ИЛ класса А не только не уступают природному льду, но в ряде случаев превосходят их, ИЛ класса Б по своим характеристикам практически идентичен природному льду.

Была предложена расчетная модель для определения толщины слоя ИЛ в дорожном покрытии зимней лесной автодороги. Толщину покрытия, выполненного из ИЛ, можно определить как наибольшее из трех значений: по максимально допустимому напряжению в слое ИЛ; по максимально допустимой деформации слоя покрытия, выполненного из ИЛ; по обеспечению требуемой теплоизоляции покрытия, исключающей преждевременное плавление ИЛ. Предварительные расчеты показали, что рассчитанная по описанной выше методике толщина покрытия из ИЛ средних классов прочности А5 и А6 (разновидности ИЛ класса А) на 5–7 % меньше, чем расчетная толщина покрытия из природного льда. На очереди серия натурных экспериментов по оценке степени увеличения срока службы дороги с покрытием из ИЛ. Очевидно, что экономический эффект от применения ИЛ при строительстве зимних дорог можно получить, благодаря:

– снижению расхода строительных материалов при сохранении заданной прочности покрытия. Расчеты показывают такую возможность;

– увеличению срока действия дороги. Это можно установить благодаря серии натурных экспериментов с покрытиями из ИЛ в весенне-летний период года;

– применению экономичной технологии строительства зимних автодорог с покрытиями из ИЛ. Разработке такой технологии посвящен очередной этап нашего исследования.

Изучая правила применения ИЛ при строительстве ледовых спортивных арен было установлено, что поддержание необходимой температуры ИЛ в закрытых помещениях достигается путем прокладки под слоем ИЛ сети осаждающих трубопроводов (коллекторов), в которых благодаря работе внешней холодильной установке циркулирует хладагент. В качестве такового широко используются природные вещества, гидрофторуглероды.

Данный способ приемлем для сооружений малой длины (ледяная хоккейная площадка имеет протяженность менее 100 м), но очевидно совершенно не подходит для автодорог – линейных объектов длиной 5–10 км и более. Поэтому для коррекции температур замерзания/плавления ИЛ решено применять модификаторы фазового состояния воды (phase-change material – PCM) [3]. Это класс веществ, способных, в частности, повысить точки замерзания воды и плавления: (таяния) образовавшегося льда. Таковыми являются, например, гидрокарбонаты или парафины, имеющие формулу вида C_nH_{2n+2}. Нами предложена технология строительства зимних автомобильных дорог с покрытием из ИЛ, получаемого с использованием PCM.

Задачами дальнейших исследований являются циклы экспериментов с целью выявления оптимальных дозировок PCM в составе дорожных покрытий зимних лесных автодорог, оценка границ экономической эффективности таких дорожных конструкций, а также оценка экологической чистоты данных технологических решений. Вымываемые в природные водоемы в период таяния покрытий остатки PCM должны быть нейтральны по отношению к природной среде российских лесов.

Список литературы

1. Хименков А.Н . Брушков А. В. Введение в структурную криологию. М.: Наука, 2006. 278 с.

2. Hillig W.B., Turnbull D. Theory of crystal growth in undercooled pure liquids. // J. Chern. Phys. V. 24. № 4. 1956. Pp. 914–926.

3. Филатова Е.В., Филатов А.О. Фазовые превращения быстро замороженной воды и водных растворов. // Химическая термодинамика и термохимия: сборник статей. АН СССР, Отд-ние общ. и техн. химии, Журн. физ. химии / Отв. ред. В.А. Тулупов. М.: Наука. 1979 С. 80–82.

УДК 630*31

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПНЁВО-КОРНЕВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Вологин Н.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
n.vologin@mail.ru
Лобов А.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
lobov-alex-2002@yandex.ru
Рыбаков М.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
wojak546@mail.ru
Научный руководитель: Гнатовская И.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
gnatovskaya@bmstu.ru

Пнёво-корневая древесина (ПКД), представляющая собой остатки древесины, образующиеся в результате вырубки деревьев и их корневой системы, долгое время оставалась в тени более ценных лесоматериалов. Однако с учетом современных экологических и экономических вызовов, ее переработка приобретает особую актуальность.

Актуальность темы обусловлена растущими требованиями к устойчивому использованию лесных ресурсов и необходимости минимизации отходов в деревообрабатывающей промышленности. ПКД, как правило, рассматривается как вторичный ресурс, однако она обладает значительным потенциалом для создания новых продуктов и технологий.

К инновационным технологиям можно отнести следующие виды переработки ПКД:

– биотехнологическая переработка и метод «Белая гниль» (White-rot Fungi), заключающийся в том, что белые грибы (например, Phanerochaete chrysosporium) способны расщеплять лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу, превращая древесину в более простые органические вещества. Измельчённую древесину пней и корней помещают в ферментационный сосуд с добавлением влаги и оптимальных условий для роста грибов. Грибы вырабатывают лигниназные ферменты, которые разлагают лигнин, делая древесину более податливой для дальнейшего переработки. После ферментации продукты разложения могут быть использованы как удобрения или в качестве биомассы для получения энергии [1];

– биотехнологическая переработка и метод «бактериальные процессы», который заключается в том, что некоторые бактерии, такие как Bacillus и Clostridium, способны разлагать древесные материалы, включая лигнин, с помощью экзоферментов. В измельчённую ПКД добавляются бактериальные культуры, которые начинают расщепление лигнина и целлюлозы. Продукты разложения, такие как углекислый газ, метан и органические кислоты, могут быть использованы для дальнейшего получения биогаза или в производстве химических веществ;

– лазерно-плазменная переработка. В ходе этого метода измельчённая, очищенная и отсортированная ПКД направляется в лазерный обрабатывающий станок. Лазерный луч воздействует на поверхность древесины, локально нагревая её. Это вызывает плавление и испарение органических компонентов, таких как смолы, углеводы и терпеновые соединения. Лазерный луч также может быть использован для изменения химической структуры древесины, что способствует образованию более стабильных и ценных материалов, например,

углеродных соединений (для последующего использования в биоуглях). После лазерной обработки или параллельно с ней применяется плазменная дуга. Плазменная дуга воздействует на древесину, повышая температуру до 3000°C, что ведет к её термическому разложению углеродных молекул и выделение летучих веществ. В результате образуется синтез-газ (водород и угарный газ), который можно использовать как альтернативное топливо или в химической промышленности. Твёрдые углеродистые остатки, получаемые в результате плазменного воздействия, могут быть использованы в качестве биоугля или активированного угля для очистки воды или воздуха, а жидкие фракции – органические кислоты, смолы и другие летучие компоненты, могут быть переработаны в биопластики или использованы в химической промышленности [2];

– гидротермальная переработка. Предварительно измельчённая, очищенная ПКД подаётся в гидротермальный реактор – автоклав высокого давления. Под действием высоких температур 180–350 °C, давления 2–25 МПа, образуется гидроуголь, кислоты, сахара, фенолы, газ [3].

Важно отметить, что потенциал пнёво-корневой древесины в сфере энергетики также заслуживает внимания. Производство биотоплива из этого материала может стать важным шагом к переходу на более устойчивые источники энергии.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что пнёво-корневая древесина представляет собой многофункциональный ресурс, который может быть использован в различных отраслях экономики. С учетом растущего интереса к экологически чистым материалам и технологиям, можно ожидать, что в будущем применение пнёво-корневой древесины будет только расширяться.

Список литературы

1. Яковлев В.Н. Гидролиз древесины и биотехнологические процессы. М.: Наука, 2019. 340 с.
2. Лесников В.И., Смирнов А.А. Новые технологии лазерной обработки древесины. М.: Древпром, 2020. 254 с.
3. Кузнецов Б.Н. Химическая переработка древесины: гидротермальные процессы. Новосибирск: СО РАН, 2017. 312 с.

УДК 665.753.4

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ

Колобаев М.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
makolobaev@yandex.ru
Научный руководитель: Шамарин Ю.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В настоящее время использование микроволнового излучения в различных отраслях промышленности становится все более распространенным. Одной из перспективных областей его применения является автотранспортная отрасль, где СВЧ-облучение может быть использовано для обработки топлива с целью улучшения его качества.

СВЧ-излучение является одним из наиболее эффективных способов воздействия на структуру дизельного топлива. Изучение принципа этого воздействия имеет большое значение для оптимизации процессов сжигания топлива в дизельных двигателях.

Исследования показывают, что СВЧ-излучение способно изменить структуру топлива, ускорить его окисление и повысить эффективность сгорания. [1]

При воздействии СВЧ-лучей на топливо могут происходить следующие изменения:

– уменьшение содержания ароматических, нафтеновых и тяжёлых парафиновых углеводородов;

– распад высокомолекулярных углеводородов;

– улучшение процесса сгорания;

– улучшение экологических показателей.

В связи с воздействием СВЧ-излучения на топливо происходит уменьшение содержания ароматических, нафтеновых и тяжелых парафиновых углеводородов. Также можно предположить, что снижение вязкости произошло из-за изменения структуры молекулы Все это свидетельствует о распаде высокомолекулярных углеводородов.

Были проведены исследования изменения плотности дизельного топлива после облучения СВЧ-лучами. Исследование плотности проводили в соответствии с ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». Метод применяется для определения плотности нефти и нефтепродуктов ареометром для нефти. Сущность метода заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20 ºС [2–3].

Дополнительно, внедрение технологий СВЧ-обработки дизельного топлива имеет потенциал для повышения его энергетической эффективности. При воздействии микроволн происходит нагревание топлива за счет молекулярной активизации, что может привести к разрыву углеводородных связей и образованию более легких и высокоактивных фракций. Это, в свою очередь, может увеличить коэффициент полезного действия двигателя, снизив его расход топлива и улучшив общие эксплуатационные характеристики. Область изучения влияния СВЧ излучения на структуру дизельного топлива является актуальной и востребованной, поскольку эффективность сгорания топлива напрямую влияет на экономию топлива и снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду. Результаты этих исследований могут привести к разработке новых технологий, которые помогут сделать дизельные двигатели более эффективными и экологически безопасными.

Использование микроволнового излучения в автотранспортной отрасли повышает качество дизельного топлива и эффективности его сжигания.

Полученные результаты исследований подтверждают, что СВЧ-обработка позволяет значительно снизить содержание вредных углеводородов и способствует распаду высокомолекулярных соединений, что улучшает экологические характеристики топлива, что в свою очередь повышает экологичность транспортных средств, используемых на городских маршрутах, и улучшает экологию городской среды.

Список литературы

1. Вестник Евразийской науки // Приспособленность технологических машин и транспортных средств к эксплуатации в условиях «умных» городов северных регионов за счет применения СВЧ-нагрева. URL: https://esj.today/PDF/57SAVN619.pdf (Дата обращения 30.12.2024).

2. Смолин А.А. Повышение качества смесеобразования при пуске дизелей в условиях низких температур с помощью СВЧ-колебаний: дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. URL: https://www.susu.ru/sites/default/files/dissertation/ smolinaadissertation.pdf (Дата обращения 30.12.2024).

3. Сорокин В.Е. Улучшение характеристик дизельных двигателей обработкой топлива волнами СВЧ-диапазона : дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. URL: https://rgatu.ru/archive/documents/dis_sovet/!2024/!04_Sorokin/dis.pdf (Дата обращения 30.12.2024).

УДК 630.32

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ С СОХРАНЕНИЕМ ЛЕСНОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Мингазов Р.Р., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
rintatarin76@gmail.com
Сидоренко А.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
sidorenko345@yandex.ru
Титов В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
courier.vegas@mail.ru
Научные руководители: Матросов А.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»;
Щербаков Е.Н., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В работе поднимается актуальная проблема разработки технологий лесосечных работ, направленных на минимизацию вреда лесной среде при использовании многооперационных лесозаготовительных машин [1]. Подчеркивается важность баланса между эффективной заготовкой древесины и сохранением экосистем, особенно в условиях растущего спроса на лесные ресурсы и изменений климата. Рассматриваются различные типы машин (колёсные, гусеничные, шагающие и «стальные пауки»), их преимущества и недостатки, а также их влияние на почву и биоразнообразие [2].

Основное внимание уделено проектированию технологической сети волоков, включающему комплексный анализ территории, геодезические исследования и оценку доступности. Особый акцент делается на экологические аспекты: выбор маршрутов с учетом рельефа, типа почвы и зон с высокой природоохранной ценностью. Для оптимизации процессов предлагается использование современных технологий, таких как GPS-навигация и системы мониторинга, что позволяет повысить точность работ и снизить негативное воздействие на лесную среду.

Так же часть работы посвящена оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), обучению операторов и долгосрочному мониторингу. Подчеркивается необходимость адаптации технологий на основе данных о состоянии экосистемы после проведения работ.

В целом, предложенная технология направлена на устойчивое лесопользование, сочетающее экономическую эффективность с сохранением природных ресурсов и биоразнообразия для будущих поколений.

Список литературы

1. Мартынов А.Н. Устойчивое лесопользование и машины для лесосечных работ. М.: Лесная промышленность, 2018. 256 с.
2. Петров В.И. Технологии лесозаготовок с сохранением биоразнообразия. СПб.: Лань, 2019. 312 с.

СЕКЦИЯ «ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА И САДОВО-ПАРКОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

УДК 712

АПТЕКАРСКИЙ ОГОРОД КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЦВЕТНИК

Жигунова М.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
zhigunova.maria.I@yandex.ru
Научный руководитель: Бобылева О.Н., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В современном озеленении постепенно проходит этап моды на цветники «новой волны», представляющие собой стилизованную имитацию природных массивов с менее требовательным уходом, пришедших в Россию через европейские тенденции к малоуходовости и функциональности. Но актуальность данного феномена состоит в том, что массово использующийся в них ассортимент остался на пике популярности, но при этом требующий нового приема использования. В данной работе рассматривается возможность возродить один из элементов исконно русского «паркового» наследия – элемент аптекарского сада как современный модульный фитоароматический цветник, что может заменить понятие цветников «новой волны» и возродить русский культурный код в элементах садово-паркового искусства. Монастырские аптекарские огороды сохранили свое место в развитии озелененных территорий храмовых комплексах России, хотя их исконная необходимость сильно уменьшилась, но в настоящее время проводится их восстановление на территориях некоторых комплексов [1]. Другую ситуацию можно наблюдать с усадебным типом аптекарского огорода. Сохранившихся и нуждающихся в реконструкции провинциальных усадебных парков, имеющих в отличие от современных мегаполисов русскую садово-парковую стилевую направленность, насчитывается около 35 территорий, 17 из которых относится к периоду с 18 по 19 век, остальные до 20 века. Все они имели классическую планировку усадебной территории в русском стиле и такой элемент как аптекарский огород или же пряно-ароматический квадрат был незаменим. На данный момент нет данных о том, что какие-либо усадьбы в процессе реконструкции восстановили и этот элемент планировки, что говорит о нарушениях историко-культурных традиций и пренебрежении культурным кодом. При этом наблюдается рост научных экспозиций аптекарского огорода в рамках ботанических садов: около 8 открытых для посещения коллекционных фондов, в том числе крупнейшая экспозиция ботанического сада Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), Никитского, Екатеринбургского РАН, ботсада Петра Великого, «Гошпитального сада» Азовского заповедника. Увеличивается количество общественных пространств с элементами аптекарского огорода: в Санкт-Петербурге планируют создать несколько аптекарских огородов в парках и садах. Лекарственные растения и пряно-ароматические цветы собираются высаживать в Московском регионе. В 2025 г. планируется преобразовать около 5 площадок. Тенденция указывает на рост интереса жителей к природному, экологичному стилю, но вместе с этим отделяет их от исторических явлений русских парков. Ассортимент аптекарского огорода состоит из части эфиромасличных лекарственных растений, пряных, ароматных. Используются по большой части многолетние растения, но и летники тоже присутствуют. Данные характеристики относятся к современным цветникам новой волны, за исключением того, что они имитируют природность и в них встречается обширное разнообразие злаков.

Проанализирован ассортимент «удольфианских» цветников, использующихся в зоне Москвы: более 50 % растений являются лекарственными и могли бы составлять модульные аптекарские огороды. Также стоит отметить, что нынешние цветники новой волны встречаются в основном небольшими по площади полигонами в городских общественных пространствах, то есть их природный эффект значительно снижен из-за ограничения по площадям, при этом уход за ними остается достаточно трудоемким [2]. Точных исследований нет, но можно предположить, что эффективность такого цветника в небольшом городском пространстве между застройкой снижена, ведь выделяемые лекарственными растениями, составляющими как минимум половину современного ассортимента, фитонциды не обладают достаточной силой для влияния на здоровье человека в городской среде и нивелирования вредных газов. Однако если бы такой же ассортимент использовался в соответствии с правилами создания аптекарских огородов – точечные, модульные массивы монокультур, их чередование и сочетание в определенном микроклимате, то есть на территории больших озелененных пространств восстановленных приусадебных территорий, исторический парков и прочих схожих пространств – то уже можно было бы говорить о некотором лекарственном эффекте. В данном случае требуется введение отдельной направленности в цветоводстве – фитоаромадизайн – создание пряно-ароматических цветников с лекарственной составляющей, при котором учитывалась бы историческая концепция русских аптекарских огородов и соответствующий ассортимент. В настоящее время это стоит рассматривать как преобразование или переработку цветников «новой волны» с восстановлением русского культурного кода. На данный момент можно представить наиболее полный анализ ассортимента для данного приема, основываясь на ассортименте исторических усадебных и частично монастырских аптекарских огородов, цветников Удольфа и предложения питомников в общем обзоре. Так как исторических данных практически не сохранилось, в качестве ассортимента исконного аптекарского огорода рассматривается утвержденный и расшифрованный с древних названий список растений в Измайловском аптекарском огороде (1667 г.) – 36 видов, преобладают многолетники. Практически все из них есть в коллекции ботсада ВИЛАР, и этот же список соответствует на 50 % ассортименту цветников новой волны, состоящий из 38 растений, наиболее популярных в использовании. Из коллекционного фонда ВИЛАР можно выделить около 87 позиций для создания лекарственного сада и применения в фитоаромадизайне пространств [3]. Таким образом, современный ассортимент и дошедшие до нас лекарственные растения с декоративными качествами позволяют в полной мере воссоздавать аптекарские огороды русских приусадебных парков, озеленять современные пространства с использованием исторических приемов и развивать новое направление цветоводства – фитоаромадизайн.

Список литературы

1. Вижинтас Е.В. Благоустройство прихрамовых территорий // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 23. С. 82–84.
2. Сачивко Т.В., Босак В.Н. Особенности коллекции пряно-ароматических растений в Ботаническом саду // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2016. №1 (183). С. 206–209.
3. Цицилин А.Н. Ассортимент лекарственных растений в аптекарских огородах Москвы в XVII веке // Биосфера. 2021. № 1-2. С. 15–20.

УДК 712.3

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЗБЕКСКОГО СКВЕРА НА ВДНХ (Г. МОСКВА)

Ильина Е.Б., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
katerinailina23102003@gmail.com
Научный руководитель: Сапелин А.Ю., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Выставка достижений народного хозяйства – это крупнейший экспозиционный, музейный и рекреационный комплекс в мире. ВДНХ была открыта 1 августа 1939 года [1]. Здесь можно увидеть выдающиеся архитектурные шедевры, которые вместе представляют собой памятник советской эпохе и образец господствующих в разное время стилей. Одним из таких мест является Узбекский сквер, примыкающий к павильону Узбекистан. Он был взят нами для исторического анализа.

Первый Павильон Узбекской ССР был возведен в 1937 г. по проекту Стефана Полупанова, который в свою очередь много что проектировал в самом Узбекистане. Одноэтажное здание павильона, созданное по мотивам народного зодчества среднеазиатских республик, было ярким и самобытным [2]. В плане оно представляло собой П-образную композицию. Плоскости стен покрывали плоские, почти контурные, скульптурные и орнаментальные рельефы, контрастировавшие с ярким ковром площадки открытого двора. Ротонда, расположенная перед павильоном, аналогов в самом Узбекистане не имела, но архитектор использовал в ней национальные моменты, начиная от узбекской мебели и заканчивая купольными конструкциями. Кроме ротонды и павильона рядом была выстроена узбекская чайхана подковообразной формы. В центре неё имелся бассейн с одноструйным фонтаном, на лестницах и вокруг бассейна стояли контейнеры с растениями, а-вокруг начали разбивать тенистый сквер.

В процессе исторического анализа нами был произведен анализ фрагмента плана ВДНХ 1941 г. На нем можно увидеть, что планировка была устроена очень примитивно. На территории сквера располагалось место для отдыха, а дорожно-тропиночная сеть состояла из транзитных, более широких дорог, и из витиеватых – прогулочных, которые как можно заметить на плане, более узкие по сравнению с транзитными.

В сквере росли традиционные для Узбекистана растения, такие как гранаты, чинар, миндаль, шелковица, карагач, робиния лжеакация (сохранилась до настоящего времени). Растения, не зимующие в условиях Москвы, выращивали в контейнерах, а на зиму заносили в помещение.

Павильон и чайхана просуществовали 10 лет до 1949 г. К 1954 году был построен новый павильон. Новый павильон Узбекской ССР получился почти в два раза выше прежнего, благодаря стилобату цокольного этажа [3]. Лестницу фланкируют два бассейна. Главным звеном в облике павильона является ротонда, внутри которой находится бассейн с одноструйным фонтаном.

Новая чайхана была перенесена на другое место, а на её место было перенесено кафе «Мороженое» в виде айсберга. На сегодняшний день чайхана и кафе «Мороженое» не сохранились.

Проанализировав план ВДНХ 1975 г., была замечено, что площадка для отдыха осталась на том же месте, но форма самой площадки видоизменилась. Планировка стала более регулярной, на ней больше не присутствуют витиеватые дорожки для прогулки.

На сегодняшний день Узбекский сквер не сохранился, но структура читается. В частности, там, где стояла чайхана, а в дальнейшем кафе «Мороженое», располагается

большая поляна. Также сохранилась площадка для отдыха и некоторые транзитные пути, а прогулочные дорожки утрачены.

Список литературы

1. О ВДНХ. URL: https://vdnh.ru/visitors/about/ (дата обращения 19.03.2025).
2. Сапелин А.Ю. Садово-парковое наследие ВДНХ. История и современное состояние. // Архитектура. Строительство. Дизайн. Архитектура. Строительство. Дизайн. 2023. № 3-4 (112-113). С. 102–111.
3. Павильон № 66. Выставочно-культурный и экспозиционный центр Республики Узбекистан. URL: https://vdnh.ru/places/pavilon-66-sovetskaya-kultura-byvshiy-uzbekskaya-ssr/ (Дата обращения 19.03.2025).

УДК 712

АНАЛОГИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОСТРОЕНИЙ В МУЗЫКАЛЬНОЙ И АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОЙ КОМПОЗИЦИЯХ

Письменная М.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
contact.machii@gmail.com
Научный руководитель: Дормидонтова В.В., к.арх., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

Сопоставление архитектуры и музыки имеет давнюю традицию. Их связи становятся предметом обсуждения научных трактатов музыкантов и архитекторов, начиная с античности (учение «гармонии сфер») и заканчивая сегодняшним днем. Исследование связей «музыка – архитектура» существует в форме абстрагированных метафор (И. Гёте «Музыка – окаменевшее царство звуков, П. Гонзага «Архитектура – это род музыки для глаз»), но не накоплена эмпирическая база, позволившая бы выйти на уровень концептуальных обобщений. Теоретических и практических работ, посвященных синтезу музыки и архитектуры, немного. Что касается связей между музыкой и ландшафтной архитектурой, то они практически не изучены. В связи с этим обозначается актуальность исследования.

В данной работе рассматриваются отечественные и зарубежные проекты и источники разных лет на тему синтеза искусств – музыки, архитектуры и ландшафтной архитектуры.

Целесообразность междисциплинарного подхода можно обосновать высказыванием академика Д.С. Лихачева: «Сближение между искусствами и изучение их расхождения между собой позволяют вскрыть такие закономерности и факты, которые оставались бы для нас скрытыми, если бы мы изучали каждое искусство <…> изолированно друг от друга».

Примером использования музыкальных принципов в архитектурной композиции в XX веке служит комплекс монастыря Sainte Marie de La Tourette, Франция (1953–1960 гг., Ле Корбюзье, Я. Ксенакис). Это здание, построенное в стиле конструктивизма с легким, прозрачным, оформленным стеклянными панелями фасадом. Автор исследования отмечает, что здесь композитор и архитектор Ксенакис использовал важнейшее средство музыкальной выразительности – контрапункт [1]. Контрапункт образуется, когда сочетаются два или более самостоятельных мелодических голосов. Дополнительные элементы, «голоса» могут появиться и в архитектуре с помощью добавления, изменения взаимного расположения элементов, наложения элементов геометрии друг на друга. Музыкальный контрапункт превращается в визуальный контрапункт в трех этажах западного фасада.

В работе В. Дормидонтовой в понятийный аппарат ландшафтного проектирования внедряются музыкальные термины на примере усадебного парка в Редю-Маре, Молдова [2].

Композиция парка аналогична вариационной музыкальной форме. Приемы объемно пространственной организации кулис и фокусов на каждой поляне индивидуальны. В зависимости от длительности восприятия и последовательности деревьев, составляющих фокус, можно различить несколько композиционных приемов его организации: триоль, форшлаг, трель.

Интерес представляют проекты архитектора Стивена Холла. Объемно-пространственное решение проекта жилого дома Stretto House (1989–1992 гг., Техас) вдохновлено произведением венгерского композитора Белы Барток. В архитектуру внедряются несколько тем из произведения, в особенности стретто, где общая мелодическая линия многоголосного произведения «перебегает» из одного его голоса в другой.

В XXI веке появляется междисциплинарный проект «Архитектоника музыки» (Колумбийский университет, США), нацеленный на работу над новыми архитектурными языками. Студенты «переводят» отрывки из музыки в пространство, материал и форму.

В диссертации Y. Sun в проекте общественной территории автором используется музыкальная форма рондо. Сопоставляются понятия «форма», «ритм», «пространство» в музыкальном и ландшафтно-архитектурном понимании; предложены графические представления музыкальных понятий [3].

Рассмотрена диссертация на соискание учёной степени доктора архитектуры M. Morimoto [1]. Здесь разработана методология перевода средств музыкальной выразительности и музыкальной формы в архитектурное пространство. Создан проект жилого дома на основе музыкальной композиции. Проводятся параллели между архитектурными и музыкальными средствами выразительности.

Таким образом, в последние годы интерес к данной проблеме не только не угасает, но и возрастает. Сам факт такого проникновения идей и открытость архитектурной мысли указывает на потребность исследования музыкальной теории, аналогий между музыкальными и ландшафтно-архитектурными выражениями. Представляется рациональным обратиться к теории музыки для интеграции с ландшафтно-архитектурной теорией на нескольких уровнях (уровне средств выразительности, уровне формы).

Список литературы

1. Morimoto M. Notes on experiencing the convergence of music and the built environment. 2017.URL: https://core.ac.uk/download/pdf/211328532.pdf (Дата обращения 24.09.2024).
2. Дормидонтова В.В. Усадебные парки Молдавии : дис. ... кандидата архитектуры : 18.00.04 (Градостроительство, планировка сельскохозяйственных населенных пунктов). / Моск. архитектурный ин-т. Москва, 1995. 194 с.
3. Sun Y. Music in Landscape Design: A Harmonic and Melodic Exploration of the Interplay Between Music and Site Concepts Throughout History. 2024. URL: https://esploro.libs.uga.edu/esploro/outputs/graduate/Music-in-Landscape-Design-A-Harmonic/9949658730802959 (Дата обращения 25.09.2024).

УДК 712

ВЫРАЖЕНИЕ БИОЛОГИЗМА В ЖИВОПИСИ, АРХИТЕКТУРЕ И САДОВО-ПАРКОВОМ ИСКУССТВЕ МОДЕРНА

Пятницкая Е.Н., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Дормидонтова В.В., к.арх., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

Модерн возник почти одновременно во многих странах и известен под разными названиями: Югендстиль, Ар-Нуво, Либерти, Сецессион. Однако мы будем использовать название, принятое в России. Модерн – один из немногих стилей, имеющий определённые временные рамки – с конца 1880-х гг. по 1914 г. В основе модерна лежит философия жизни. Основоположниками этой идеи стали: Ф.В. Ницше, А. Бергсон и В. Дильтей. Жизнь трактовалась как единая стихия, жаждущая самообновления, самовоспроизведения и приумножения сил. Эта философия сформировалась как результат целого ряда важнейших открытий в естественных науках таких, как: теория Дарвина, теория Дальтона об атомах и другие. Это и определило основные «ценности» стиля модерн: биологизм, историзм, индивидуализм, универсализм, космизм.

Названные ценности выразительно проявились в живописи, скульптуре, декоративно-прикладном искусстве и архитектуре.

Живописные произведения модерна отличает наличие плавных, текучих линий и форм, имитирующих природные объекты и живые существа, изобилие натуральных цветов и включение орнаментов с изображением флоры и фауны. [1] В творчестве Михаила Врубеля историзм проявляется в обращении к сказочно-мифологической национальной тематике. Изображённые им мифологические существа, такие как Пан и Царица-Лебедь, олицетворяют смены этапов жизни и трансформацию форм бытия, выражая идеи биологизма. Одновременно художник использует флористические мотивы, дополняя полотна цветочными орнаментами и формами. Историко-сюжетные тенденции отчётливо видны и в иллюстрациях к русским народным сказкам Ивана Билибина. Его работы, оформленные сложным стилизованным орнаментом, сплетённым из сказочных растений, мифологических птиц и животных, восходят к средневековым книжным миниатюрам и также являются отражением историзма и биологизма.

Источником вдохновения для формирования биологических форм в архитектуре служили тексты и поэтика Средневековья. [1] Особняк Рябушинского демонстрирует возвращение к исторической точечно-центрической планировочной структуре архитектурного сооружения, используемой в Средние века. Во внешнем облике здания отчетливо проявляются мягкие, словно живые линии и формы, создающие ощущение перетекания и единства пространства. Декоративные элементы и архитектура вызывают ассоциации с животными и растениями, что подчеркивает идею биологизма. Все формы, создающие здание и наполняющие его, подобны, согласно идее «универсализма». В то же время всё запроектированное «штучно» и уникально – только для этого дома и его хозяина, что отражает «индивидуализм». Жилой комплекс «Каса Мила» Антонио Гауди также построен на основе точечно-центрической планировки, вдохновленной средневековой архитектурой. Отличительной чертой дома является мягкость линий, создающая иллюзию плавящихся форм. Интерьер сохраняет внутреннюю текучесть, будучи щедро украшенным декоративными элементами, напоминающими формы растений и камней, что подчёркивает доминирование биологизма. «Майоликовый дом» привлекает внимание богатой цветной палитрой и декоративными растительными орнаментами. «Дом Перцовой» представляет

собой стилизованный средневековый русский терем, обогащённый мозаичным оформлением, являясь ярким воплощением историзма и биологизма модерна.

В учебной литературе по садово-парковому искусству модерн не определён. В качестве единственного примера называют парк Гуэль архитектора А. Гауди. План этого парка представляет, как и архитектура модерна, центрическую композицию, но вокруг центра развиваются кольцевые маршруты, изогнутые траектории которых соответствуют характерной динамике и пластике стиля. Архитектурные сооружения парка – галереи, подпорные стены, повторяя формы стволов и крон пальм, словно вырастают из земли, и сама природа – пальмы, опунция включаются в игру взаимопроникновения природных и архитектурных форм и продолжают свой рост, расположившись сверху на сооружениях [2].

Анализ садов движения «искусства и ремесла» позволил значительно расширить список садов модерна, поскольку в этих объектах наилучшим образом воплотились все идеи модерна. в совместной работе архитектора Эдвина Лаченса и садовника-художника Гертруды Джекилл [3]. Начав с собственного сада в Манстед Вуд, Джекилл ввела новый подход к созданию садов – «живопись цветами» и представила сад градиентных миксбордеров непрерывного цветения, колористически выразительных и утверждающих бесконечное разнообразие растительных форм и самовозобновление природы. Особенно показательны сады Хестеркомб, где объединяются строгая геометрическая планировка, спроектированная Лаченсом и свободная асимметричная посадка растений Джекилл. Растения, развиваясь, как бы «взламывают» жёсткую симметрию планировки, тем самым демонстрируя «всепобеждающую силу» природы. Также в садах мощение заменяется газонными дорожками, чем усиливается тактильное восприятие сада.

Топиарные птицы в саду Хидкоут Мэнор Лоуренса Джонстона погружают в атмосферу сказочных метафор и метаморфоз. Замечательными элементами этого сада являются градиентный «красный бордюр», «театральная поляна», где на приподнятой на несколько ступенек сцене «выступает» растительная группа, и «зелёная просека» – газонная дорожка – длинная и широкая, подобная взлётной полосе и «взмывающая» вверх по рельефу [3]. Приёмы, которыми сформирован этот сад, также являются отражением историзма, биологизма и космизма.

Сад Виты Саквилл-Уэст и Гарольда Николсона создавался на остатках средневекового замка Сиссингхерст и представляет собой серию «садовых комнат», геометрически очерченных сохранившимися стенами замка или стрижеными изгородями [2]. Растения в этом пространстве солируют, сады дифференцируются по цвету растений, их наполняющих: Белый сад, Розовый сад, Сиреневый сад и т.д. Посадка растений свободна от симметрии, подчеркивает стихийную красоту природы.

В результате проведённого композиционного анализа названных объектов выделен специфический набор композиционных приёмов, характерных для садов этого времени: строгая геометрическая планировка в сочетании со свободной, асимметричной посадкой растений; разделение сада на садовые комнаты; использование зеленной просеки для создания «взлетающей перспективы»; колористический градиент миксбордеров; замена мощения газонными дорожками; целенаправленное использование цветущих ступеней и подпорных стен. Семантический анализ выявленных приёмов показал их соответствие основным идеям и ценностям стиля модерн.

Список литературы

1. Сарабьянов Д. Модерн. История стиля. Москва: АСТ, 2025. 240 с.
2. Дормидонтова В.В. История садово-парковых стилей: учеб. пособие для студентов по спец. «Архитектура», «Ландшафт. Архитектура» и «Озеленение городов». Москва: Архитектура-С, 2003. 207 с.
3. Дормидонтова В.В., Фролова О.А. Истоки и приёмы композиции садово-паркового искусства модерна : Монография. Калуга: Эйдос, 2011. 160 с.

УДК 714.422

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЕВНЫХ ЦВЕТНИКОВ НА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Толстухина Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
vetta.sp@mail.ru
Научный руководитель: Бочкова И.Ю., к.с.-х.н.
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
frog-flower@yandex.ru

Цветочное оформление является неотъемлемой частью озеленения городских пространств. В настоящее время самым популярным видом цветочного оформления в городе являются регулярные клумбы, которые, в основном, засаживаются однолетними цветочными культурами.

Однако еще в начале 21 века часть цветников в Москве и других крупных городах создавалась методом посева семян цветочных культур непосредственно в открытый грунт. В средней полосе России можно высевать семена в открытый грунт с учетом сроков посева: ранневесенний (с 20 апреля по 1 мая), поздневесенний (с 1 мая по 15 мая), подзимний посев осуществляется по промерзшей земле и зимний посев по снегу. При поздневесеннем посеве используют семена лаватеры, деморфотеки, диасции, скабиозы и др., ассортимент ранневесеннего, зимнего и подзимнего посева включает васильки, лен, космею, маттиолу двурогую и др. Со временем эта технология создания цветников была забыта [1].

В тоже время такие цветники имели ряд преимуществ перед цветниками, создаваемыми из рассады.

– Устойчивость к внешним условиям. Посевные цветники обычно формируются из видов, устойчивых к экологическим условиям (целесообразно использовать такие летники как космея, васильки, лен, тагетес, цинии, астры, лаватера, а также некоторые сидераты.

– Конкурентоспособность против сорняков.

– Продолжительность декоративности. Посевные цветники славятся длительным и сменным цветением.

– Обилие и интенсивность цветения. Посевной цветник обычно пестрый, напоминает живой луг, где сочетаются множество оттенков.

– Низкая себестоимость посадочного материала. Семена большинства однолетников стоят на порядок дешевле, чем готовая рассада или взрослая цветущая продукция.

– Экономия в сокращении расходов на уход. Взрослый посевной цветник требует меньше вмешательства, чем традиционная клумба из изнеженной рассады однолетников.

Из недостатков следует отметить, что посевные цветники требуют инвестиций на этапе закладки (подготовка почвы, закупка качественных семян, иногда установка системы полива для первого времени).

Обзор современной иностранной литературы показал, что на Западе сеяные цветники из летников и многолетних цветочных культур используются давно и в больших масштабах. Разработкой технологий создания сеяных цветников занимаются ученые в таких странах как Великобритания, Франция, Польша, Германия, США (университет Колорадо в Боулдере). Одним из первых этими вопросами стал заниматься Найджел Даннетт, который посвятил этой теме более 20 лет своей профессиональной деятельности. Одна из первых его работ – пустующие участки между многоэтажными домами в Шеффилде (Англия), где он создал красочные цветники из семян летников и многолетников в луговом стиле. Эксперимент оказался настолько удачным, что городские власти распространили его повсеместно.

В Лондоне Найджел Даннетт интегрировал элементы цветущего луга в дизайн

Олимпийского парка в 2012 г.

Также этим вопросом занимался Джеймс Хитмоу – профессор, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры в Университете Шеффилда, Великобритания. Является соавтором натуралистичных лугов в лондонском Олимпийском парке [2].

В Германии в Берлине и других городах за последнее десятилетие создано множество цветочных лугов в парках и вдоль автомагистралей методом посева семян цветочных культур в открытый грунт. Во Франции, в Париже в рамках программы «Embellir Paris» (укрась Париж) также отводит места под jachère fleurie – цветущие пары, состоящие из однолетних цветов, как альтернативу стриженым газонам на городских окраинах.

В России этим вопросом пока занимаются отдельные специалисты, такие как Элла Каверина, Игорь Саффиулин. Однако работы пока ведутся, в основном, на экспериментальных площадках, и очень редко – на городских территориях. Для условий Москвы и средней полосы России пока нет обоснованного ассортимента растений, пригодных для посевных цветников. Стоит добавить, что эксперименты, в основном, касаются посевных цветников из многолетних цветочных культур, в основе изучения – создание экологических сообществ с привлечением большого количества дикорастущих видов многолетников.

Конечно, при переходе на посевные технологии городским службам озеленения нужно учитывать факторы риска: погодные условия (засуха или проливные дожди могут повлиять на всходы), необходимость своевременной прополки в начале развития цветника, а также возможное неоднородное цветение. Но эти риски сопоставимы с рисками при использовании рассады (потери от заморозков, засухи, болезней растений и т.д.).

Проведенный анализ показал, что тема создания цветников методом посева мало исследована, но весьма актуальна для городских пространств. Поэтому было принято решение о проведении исследования в рамках ВКР по теме «Исследование использования посевных цветников на городских объектах городской ландшафтной архитектуры».

Список литературы

1. Кудрявец Д.Б., Петренко Н.А. Цветы для любого цветника за один сезон. Москва: Эксмо, 2019. 320 с.
2. Джеймс Х. Сея красоту. Создание цветущих посевных лугов. / перевод с английского А.В. Русановой. Харьков: Читариум. 2020. 364 с.

УДК 712

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ

Шемякова М.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
mashashe2@gmail.com
Научный руководитель: Ерзин И.В., к.б.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Общественные пространства (ОП) выполняют очень важную функцию в жизни города – информационную. Они служат местами для социальных активностей, обмена информацией, комфортного времяпрепровождения.

Во все времена ОП являлись лицом города, отражали мысли и взгляды горожан. Такие функции хорошо прослеживаются в древнегреческой агоре, ставшей центром, политической и социальной жизни города, местом формирования сообщества, где совершалась торговля, суды, обмен денег, проходили встречи, праздники и городские торжества, обсуждались новости. [1]

За прошедшие со времён античности века облик городов сильно изменился. Преобразования затронули архитектуру зданий, средства транспорта и связи, изменилось и функциональное наполнение городских территорий. В этом контексте значительно возросло разнообразие функционала, объёмно-пространственных решений и приёмов озеленения ОП. Стало шире и само понятие ОП.

Один автор определяет ОП как место, в котором совершается политика, а человек может быть по-настоящему свободным, в то время как другой говорит о нем, как о месте концентрации жизненной энергии города и его лице. [2]

По итогу обзора научной литературы были получены следующие результаты:

1. В настоящее время не существует единообразного определения термина «общественное пространство».

2. Общественные пространства классифицируются по бесчисленному ряду признаков, которые подбираются авторами в зависимости от цели их исследования. Таковыми могут быть: характер деятельности, местоположение в структуре города, время пребывания, степень приватности и многие другие.

Задача исследования – формулировка определения ОП и составление перечня типов ОП.

На основе материалов публикаций, изученных в рамках данной работы, представляется возможным использовать следующее определение. Общественное пространство – пространство в структуре населённого места (города), которое сформировано тем или иным сочетанием архитектурных и ландшафтных компонентов и предназначено для осуществления общественного взаимодействия между людьми и группами людей (в том числе в форме коллективов и сообществ).

В рамках данной работы для классификации ОП можно использовать такие признаки и их градации как:

1) пространственный фактор (открытые – со свободным доступом для посетителей и открытые для обзора; закрытые – с ограниченным доступом для посетителей и скрытые от общего взора ОП);

2) размерность или протяженность (малые, средние, большие ОП);

3) местоположение в структуре города (центральные – общегородские, периферийные – районные);

4) уровень в структуре города (общегородского значения – парки; районного значения – скверы; местного значения – улицы; придомовые и дворовые территории);

5) функциональное назначение (социально-событийные – площади; культурно-досуговые – театры, кинотеатры и открытые пространства рядом с ними; познавательные; физкультурно-оздоровительные; религиозные – храмы, мечети, монастыри, кладбища; зеленые рекреации – парки и скверы; обыденные – дворы и придомовые площадки) [3].

Приведённый список является промежуточным результатом исследования и, вероятно, будет дополнен по ходу дальнейшего изучения общественных пространств, как части архитектурно-ландшафтной среды города.

Список литературы

1. Вернан Ж.-П. Происхождение древнегреческой мысли / пер. с фр. Общ. ред. Ф.Х. Кессиди, А.П. Юшкевича; Послесл. Ф.К. Кессиди. М.: Прогресс, 1988. 224 с.

2. Ненько А.Е. Социологические методы изучения общественных пространств. СПб: Университет ИТМО, 2020. 55 с.

3. Эльяшевич И.Ю. Методы формирования общественных пространств в условиях реконструкции жилой застройки / научн. рук. В.А. Сысоева // Материалы 72-й студенческой научно-технической конференции (Минск, 11–26 апреля 2016 г.). Минск: Белорусский национальный технический университет, Архитектурный факультет. 2016. С. 92-99.

СЕКЦИЯ «ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА»

УДК 630*37 : 62-592

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ДИСКА ФОРВАРДЕРА

Авинкина Е.В. студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Алябьев А.Ф., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»

Эффективная и надежная работа тормозной системы является критически важной для тяжелой лесозаготовительной техники, такой как форвардеры, эксплуатируемой в сложных условиях с переменными нагрузками [1,2]. Тормозные диски подвергаются интенсивным тепловым нагрузкам во время торможения, что может приводить к перегреву, снижению эффективности (фединг), ускоренному износу и даже разрушению. Для предотвращения этих проблем и оптимизации конструкции диска на этапе проектирования применяется численное моделирование тепловых процессов [3]. В данной работе описывается методика проведения теплового расчета тормозного диска форвардера с использованием инструментария CAE-системы Siemens NX, позволяющего детально проанализировать температурные поля и градиенты.

Методика расчета в Siemens NX начинается с подготовки геометрии тормозного диска. Используется либо импортированная 3D-модель, либо модель, созданная непосредственно в NX. Важным шагом является генерация конечно-элементной сетки (meshing) на этой геометрии; для тепловых задач часто применяются тетраэдрические или гексаэдрические элементы. Плотность сетки подбирается с учетом необходимости более точного описания градиентов температуры в зонах интенсивного тепловыделения (поверхности трения) и теплоотвода (вентиляционные каналы, наружные поверхности). Далее, модели назначаются физические свойства материала диска (обычно чугун или сталь), включая теплопроводность, удельную теплоемкость и плотность, которые задаются через библиотеку материалов NX или вводятся вручную.

Ключевым этапом является задание граничных условий и нагрузок в модуле теплового анализа Siemens NX (например, NX Thermal или Simcenter 3D Thermal). Интенсивное тепловыделение при торможении моделируется путем приложения теплового потока (Heat Flux) к поверхностям диска, контактирующим с тормозными колодками. Величина этого потока рассчитывается исходя из мощности торможения, которая зависит от кинетической энергии форвардера и времени торможения. Одновременно задаются условия теплоотдачи с поверхностей диска в окружающую среду: конвективный теплообмен (Convection) с воздухом, для которого определяется коэффициент теплоотдачи и температура окружающей среды, и, при необходимости, лучистый теплообмен (Radiation). Задаются также начальные условия – исходная температура диска перед началом торможения.

После задания всех параметров и условий запускается решатель Siemens NX для проведения нестационарного (Transient) теплового анализа, который вычисляет распределение температуры по всему объему диска во времени на протяжении всего цикла торможения и последующего охлаждения. Результаты анализа визуализируются и исследуются в постпроцессоре NX. Инструменты постпроцессинга позволяют строить контурные поля температур на поверхностях и в сечениях диска, определять максимальные температуры и их локализацию, анализировать градиенты температур (которые влияют на

термонапряжения), а также строить графики изменения температуры во времени для выбранных точек.

Список литературы

1. Алябьев А.Ф., Клубничкин В.Е., Клубничкин Е.Е., Котов А.А. Определение коэффициента ускорения испытаний на надёжность несущих систем лесозаготовительных машин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 194. С. 1-11. DOI 10.21515/1990-4665-194-001.
2. Клубничкин В.Е., Карташов А.Б., Котиев Г.О., Дручинин Д.Ю. Исследование тормозных свойств колесного форвардера 8×8 // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 4 (44). С. 124-138. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/11.
3. Коростелев С.А., Горбачев А.В., Клубничкин В.Е. Исследование тяговых характеристик колесных лесохозяйственных машин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 184. С. 77-88. DOI 10.21515/1990-4665-184-009.

УДК 630*37:6293017

ОЦЕНКА ПЛАВНОСТИ ХОДА ГУСЕНИЧНОГО ТРЕЛЁВОЧНОГО ТРАКТОРА С БАЛАНСИРНОЙ ПОДВЕСКОЙ ПРИ ХОЛОСТОМ ХОДЕ

Гавриков А.А., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
gavrikov2008@inbox.ru
Научный руководитель: Алябьев А.Ф., д.ф.н.,
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные спецтехнологии и садово-парковое строительство»
alyabiev@mqulac.ru

Плавность хода гусеничного трелёвочного трактора – благоприятно важный показатель, определяющий комфорт оператора, долговечность конструкции и качественное производство выполняемых работ [1]. Особенно актуальна эта оценка при холостом ходе, когда отсутствующие внешние нагрузки, и вибрации, генерируемые ходовой частично, становятся наиболее заметными. Балансирная подвеска, используемая в этих тракторах, является перспективным решением для улучшения плавности хода, сугубо при движении на холостом ходу Благодаря своей конструкции балансирная подвеска, позволяет распределять нагрузку между опорными катками, снижая пиковые нагрузки и демпфируя пульсации, возникающие при движении по неровностям. Это способствует улучшению плавности хода по сопоставлению с другими типами подвесок

Оценка плавности хода при холостом ходе имеет возможность проводиться различными методами, включая: 1) теоретический анализ; 2)экспериментальные изыскания; 3) статическая обработка данных [2].

Основа теоретического обзора существенно помогает проанализировать различные типы конструкций балансирных подвеска, включая конструкцию рычажно-балансирной подвески, выявить её плюсы и недостатки.

В проведении других методов используются расчётные изыскания динамических нагрузок и колебаний движения гусеничного трелёвочного трактора с балансирной подвеской при разных режимах работы. Разработанная имитационная модель гусеничного трелёвочного трактора с рычажно-балансирной подвеской, рассматривающая основные параметры подвески, гусеничного движителя и корпуса трактора, дозволяетт оценить динамические характеристики движения трактора при холостом ходе. А расчётные расследования позволяют рассмотреть и

выявить динамику нагрузок всех опорных катков, амортизаторов и пружин, на способность тушить колебания и ударные нагрузки гусеничного трелёвочного трактора на техсостояние его гусениц и натяжения цепей.

Основные выводы позволили: 1) определить информаторы вибраций и ударных нагрузок гусеничной трелёвочной машины при холостом ходе; 2) расценить эффективность работы балансирной подвески; 3) определить параметры натяжения гусеницы на вибрационные данные трелёвочной машины; 4) выявить потенциальные проблемы, требующие последующего исследования или корректировки конструкции [3]. А данные результатов помогли расценить не только текущее состояние гусеничного трелёвочного трактора, но и изучить, как рычажно-балансирная подвеска обеспечивает приемленный уровень плавности хода аппаратаа при холостом ходе, снижая вибрационные нагрузки на оператора и составляющие конструкции, по сравнению с другими традиционными подвесками. Это в собственную очередь, приводит к увеличению производительности лесозаготовительных работ и понижению экономических потерь. Дальнейшее же исследования в этой области имеют все шансы быть направлеными на разработку и внедрение новых инновационных решений, способных вывести гусеничные трелёвочные трактора на новейший уровень эффективности и безопасности.

Список литературы

1. Жуков А.В., Лой В.Н. Динамика колёсных трелёвочных тракторов: учебное пособие для студентов специальности 36.05.01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 36.05.01.01 «Машины и оснащение лесной промышленности». МН.: БГТУ, 2004. 83 с.
2. Головашкин Ф.П. Методика расчёта и оценки признаков плавности хода быстроходных гусеничных машин со связанной системой подрессоревания: уч. пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2008. 23 с.
3. Кутин Л.Н. Развитие конструкций подвесок гусеничных тракторов. Серия «Тракторы, самоходные шасси и двигатели» / М-во тракт ис-х машиностроения. Москва: ЦНИИТЭИ ТРАКТОРСЕЛЬХОЗМАШ,1974. 29 с.

УДК 630*37 : 629.017

РАБОТА СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Журин А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Алябьев А.Ф., д.т.н. , профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»

Лесовозные автомобили играют ключевую роль в лесной промышленности, обеспечивая эффективную транспортировку древесины с мест заготовки до перерабатывающих предприятий. Однако, работа в сложных условиях лесных дорог, часто характеризующихся неровностями, крутыми поворотами и изменениями рельефа, предъявляет высокие требования к устойчивости и маневренности этих транспортных средств [1].

Стабилизатор представляет собой упругий металлический стержень (обычно П-образной формы), установленный поперечно относительно оси движения автомобиля. Его концы соединены с рамой или рычагами подвески колес либо непосредственно с подвеской каждого колеса, а центральная часть крепится к кузову машины.

Основные функции стабилизатора поперечной устойчивости (СПУ): снижение крена; улучшение сцепления с дорогой; повышение комфорта.

Конструкция стабилизаторов поперечной устойчивости включает в себя несколько ключевых элементов: основной стержень (балка); крепежные элементы; концевые рычаги (или тяги); амортизаторы (в некоторых конструкциях); элементы управления (для активных систем).

В современных активных системах стабилизации могут использоваться датчики, контроллеры и гидравлические или пневматические элементы управления, которые регулируют жесткость стабилизатора в зависимости от условий движения и нагрузки на автомобиль [2].

Основную задачу по стабилизации выполняет основной стержень, который при образовании крена начинает закручиваться. Уровень его скрученности зависит от того, насколько сильно «завален» кузов при повороте. В ходе работы он выполняет 3 основные задачи:

– распределение нагрузки – когда автомобиль входит в поворот, внешнее колесо испытывает большую нагрузку, а внутреннее – меньшую. Через рычаги подвески эта нагрузка передается на стабилизатор;

– деформация стабилизатора – из-за разности нагрузок стабилизатор деформируется, скручиваясь вокруг своей продольной оси. Чем больше разница в нагрузке между внешним и внутренним колесом, тем больше величина деформации стабилизатора;

– передача усилия – деформации стабилизатора способствуют передаче части вертикальной нагрузки от внешнего колеса внутреннему, выравнивая давление на шины и уменьшая крен кузова.

Из-за особенностей своей конструкции СПУ не мешает колебаниям подвески в вертикальном и продольном направлениях. Так, во время вертикальных колебаний оба колеса двигаются вместе, а стабилизатор просто проворачивается во втулках, не мешая им.

На лесовозных автомобилях применяются жесткие (механические) стабилизаторы, представляющие стержень с креплениями по краям, так как большой вес, перевозимый лесовозной машиной делают её склонной к заваливанию [3]. Жесткая конструкция в большей мере противостоит этому.

В заключение можно утверждать, что стабилизатор поперечной устойчивости, несмотря на простоту конструкции, является важной частью современной конструкции лесовозного автомобиля, обеспечивая повышенную безопасность, устойчивость и управляемость.

Список литературы

1. Рогачев Д.И. Концепция системы стабилизации кабины с применением технологии lidar / Д.И. Рогачев, А.А. Гавриков, Ю.А. Скорондаев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. № 194. С. 137-145. DOI 10.21515/1990-4665-194-010.

2. Назаренко С.В., Харьков С.М., Рогачев Д.И. и др. Патент на полезную модель № 207690 U1 Российская Федерация, МПК A01G 23/02, B62D 33/06, B60G 17/0165. механизм стабилизации кабины лесозаготовительной машины : № 2021111855 : заявл. 26.04.2021 : опубл. 11.11.2021; заявитель Публичное акционерное общество «КАМАЗ».

3. Клубничкин В.Е., Клубничкин Е.Е., Карташов А.Б., Наказной И.О. Расчет устойчивости колесной валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины на опрокидывание // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. № 3(134). С. 99-106. DOI 10.46960/1816-210X_2021_3_99.

УДК 629.3.017 : 533.6.013.12

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ЛОБОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МОТОВЕЗДЕХОДНОЙ ТЕХНИКИ

Лебедева В.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
viktorialeb352@gmail.com
Научный руководитель: Рогачев Д.И., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

Активное использование мотовездеходной техники, в частности в лесопожарной охране и сельском хозяйстве, диктует необходимость повышения её эффективности [1]. В условиях выполнения оперативных задач и продолжительной работы, снижение лобового сопротивления становится важным фактором для уменьшения расхода топлива и обеспечения большей автономности, что особенно критично в труднодоступных районах и при реагировании на чрезвычайные ситуации. В контексте задач лесопожарной охраны расширение функционала мотовездеходной техники достигается за счёт использования специализированного навесного оборудования, такого как модульные цистерны для огнетушащих средств и грузовые кофры. Установка данного оборудования существенно изменяет аэродинамический профиль квадроцикла, что приводит к увеличению лобового сопротивления и оказывает влияние на его эксплуатационные характеристики.

По результатам аэродинамического обтекания мотовездехода при скорости 80 км/ч наблюдается пространственное перераспределение скоростей воздушного потока. Визуализация поля скоростей наглядно продемонстрировала градиент значений: зоны пониженной скорости соответствуют областям застоя и отрыва потока, которые расположены за водителем и грузом, в то время как зоны повышенной скорости отмечаются на огибающих поверхностях и острых кромках конструкции [2]. В результате численного аэродинамического расчета были определены значения коэффициента лобового сопротивления для различных конфигураций нагружения мотовездехода.

а) Базовая модель квадроцикла:

– площадь миделева сечения – 1,56 м²; коэффициент лобового сопротивления C_x) – 0,644;

б) Квадроцикл с кофром на переднем багажнике:

– площадь миделева сечения – 1,57 м²; коэффициент лобового сопротивления (C_x) – 0,658;

в) Квадроцикл с цистерной на заднем багажнике:

– площадь миделева сечения – 1,69 м²; коэффициент лобового сопротивления (C_x) – 0,666;

г) Квадроцикл с кофром и цистерной на переднем и заднем багажниках соответственно:

– площадь миделева сечения – 1,69 м²; коэффициент лобового сопротивления (C_x) – 0,675.

Полученные данные подтвердили прямую зависимость между эффективной площадью лобовой проекции и величиной аэродинамического сопротивления. На основе рассчитанных значений и площади лобовой проекции было оценено изменение силы лобового сопротивления относительно базовой конфигурации. Установлено, что сила лобового сопротивления возрастает: на 2 % для варианта с кофром, на 12 % для варианта с цистерной и на 13% для варианта с цистерной и кофром. Таким образом, результаты проведенного численного анализа аэродинамических характеристик мотовездехода предоставили количественные доказательства значительного влияния, как геометрии кузова, так и наличия навесного оборудования на коэффициент лобового сопротивления. Выявленная прямая

корреляция между площадью лобовой проекции и величиной аэродинамического сопротивления не только подтверждает теоретические основы аэродинамики, но и подчеркивает практическую значимость минимизации лобовой площади при проектировании и дооснащении мотовездеходной техники [3]. Определено, что установка типового навесного оборудования, широко используемого для расширения функциональности мотовездехода, приводит к увеличению силы лобового сопротивления до 13 % по сравнению с базовой комплектацией.

Список литературы

1. Клубничкин В.Е., Клубничкин Е.Е., Смирнов И.А., Калинин П.М. Определение тяговых свойств мотовездехода с прицепом для перевозки сортиментов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XXI Международной научно-технической конференции (Вологда, 05 декабря 2023 г.). Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. С. 187-192.
2. Киселев И.А., Мензульский С.Ю., Елисеев П.С., Цветков О.И. Расчётно-экспериментальные исследования прочностных характеристик авторотирующего несущего винта мотовездехода // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2024. № 25. С. 60-66. DOI 10.26160/2658-3305-2024-25-60-66.
3. Чутков К.А. Методика определения технических характеристик электродвигателя опорно-ходового модуля и аккумуляторной батареи для повышения подвижности мотовездеходных транспортных средств / К.А. Чутков, Д.И. Рогачев, С.В. Конторщиков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 175. С. 189-197. DOI 10.21515/1990-4665-175-013.

УДК 629.3.02

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ЛЕГКОГО КЛАССА

Перцев И.Д., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»
Научный руководитель: Дыгало В.Г., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологий и садово-парковое строительство»

Произведенный анализ показал, что по конструкции мобильные роботы могут разделяться на роботов с подвеской и без нее.

В исследуемых роботах используется три типа подвески: жесткая, рычажная с амортизаторами и реализованная с помощью подвижных бортов, связанных с рамой с помощью системы тяг.

В работе использовалась двухрычажная подвеска, которая обеспечивает плавность хода, что влияет на качество данных с радаров, лидаров, камер и датчиков [1]. Так же подвеска с пружинами и амортизаторами позволяет повысить проходимость и управляемость робота. Масса робота тоже важна для проходимости и управляемости.

Рама спроектирована из сварных стальных уголков. Вес критически важен для автономности, проходимости, маневренности и полезной нагрузки. Стандартные стальные профили избыточны по массе из-за постоянного сечения и высокой плотности. Так же сварные соединения – потенциальные концентраторы напряжений [2]. Необходима рама с минимальным весом при сохранении прочности и жесткости. Решение – топологическая оптимизация и легкие алюминиевые сплавы с литьем.

Топологическая оптимизация – вычислительный метод определения оптимального распределения материала в заданном объеме под нагрузками и ограничениями.

Топологическая оптимизация разделяется на несколько этапов: определение расчетной области и граничных условий; задание всех нагрузок; формулировка оптимизационной задачи и ограничений; выполнение расчета топологической оптимизации и интерпретация результатов – фасетной геометрии, требующей дальнейшей обработки [3].

В качестве материала были выбраны алюминиевые сплавы – маленькая масса, хорошая удельная прочность и жесткость, коррозионная стойкость. К плюсам так же можно отнести хорошую теплопроводность, так как на раме будут крепиться аккумуляторы и контроллеры электродвигателей, которые будут нагреваться. В местах прилегания этих элементов к раме в дальнейшем можно спроектировать теплоотводные ребра в составе самой рамы.

Наиболее подходящий сплав – сплав Амг7 в термообработке Т6. Баланс отличных литейных свойств для сложной формы и высоких механических характеристик (прочность, жесткость, усталостная стойкость) после термообработки.

В результате, с помощью топологической оптимизации удалось достичь снижения массы на 68 %. Масса стальной рамы 50 кг, масса оптимизированной алюминиевой рамы составляет 16 кг. За счёт снижения массы была улучшена энергоэффективность, увеличено время автономной работы робота, получена оптимальная структурная целостность благодаря эффективному распределению материала, минимизация концентраторов напряжений, а также повышена коррозионная стойкость.

Так же существуют риски и сложности: высокая стоимость прототипа и малых серий (оснастка, сложный процесс ЛВМ); технологические проблемы литья сложных форм (пористость, недоливы, трещины, коробление); необходимость точной механической обработки; зависимость свойств от качества литья и термообработки; увеличенные сроки изготовления.

Параллельная разработка сварной стальной и оптимизированной алюминиевой рам позволяет гибко подходить к проектированию мобильных роботов. С одной стороны –дешевая и легкая в изготовлении стальная рама (но тяжёлая и с концентраторами напряжений в виде сварки), а с другой стороны – оптимизированная легкая, прочная алюминиевая рама, но сложная и дорогая в изготовлении.

Список литературы

1. Дыгало В.Г., Котиев Г.О., Дыгало Л.В., Бычков Г.А. Разработки в области наземной лесной робототехники. Обзор // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2025. № 1. С. 84–95.
2. Бадиков И.А., Дыгало В.Г. Обзор и анализ работ по управлению беспилотной колесной машиной на различных опорных поверхностях // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2023 г. (Мытищи, 29–31 января 2024 г.). Красноярск: КрасГАУ. 2024. С. 122-124.
3. Дыгало В.Г., Семенков А.П. Концепция системы управления малой гусеничной машиной // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2020 г. (Мытищи, 01–03 февраля 2021 года): сборник тезисов докладов. – Красноярск: КрасГАУ. 2021. С. 101-102.

УДК 629.3.01 : 519.876.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЁСНЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Шуев И.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
v_shuev@mail.ru
Научный руководитель: Рогачев Д.И., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

Разработка эффективных подвесок для колесных средств индивидуальной мобильности (КСИМ) является сложной задачей, требующей анализа множества модификаций под различные условия эксплуатации, включая тип дорожного покрытия, ход подвески и вариации нагрузок. Традиционный подход, основанный на физических испытаниях для сбора статистических данных, сопряжен со значительными временными и ресурсными затратами. Более того, длительные циклы тестирования могут привести к моральному устареванию разрабатываемой системы еще до ее внедрения, что особенно критично для быстроразвивающегося рынка КСИМ. Необходимость получения комплексных данных о динамических свойствах подвески уже на ранних предпроектных стадиях делает физические испытания не всегда оптимальным решением.

Для преодоления ограничений физического тестирования и ускорения процесса разработки перспективным решением является применение компьютерного имитационного моделирования. Этот подход позволяет эффективно прогнозировать динамическое поведение подвески КСИМ в широком диапазоне условий эксплуатации без необходимости создания и испытания многочисленных физических прототипов. Использование специализированного программного обеспечения, такого как MATLAB, дает возможность существенно сократить затраты на разработку, повысить точность инженерных расчетов и минимизировать риски конструктивных ошибок. Для КСИМ, где безопасность, энергоэффективность и управляемость напрямую зависят от характеристик подвески, точность математических моделей приобретает первостепенное значение.

Для реализации поставленных задач в среде MATLAB была разработана методика построения имитационной модели КСИМ. Основой модели служит математическое описание динамики прямолинейного движения, учитывающее принятые допущения: недеформируемый, кусочно-линейный профиль трассы; абсолютно жесткая несущая система КСИМ; пренебрежимо малое трение в соединениях и точечный контакт шин с дорогой [1]. В MATLAB это реализуется путем создания системы дифференциальных уравнений, описывающих вертикальные и продольные колебания КСИМ. Ключевыми элементами модели являются: блок, представляющий массу и инерционные характеристики КСИМ (включая массу пользователя как варьируемый параметр); блоки, моделирующие упруго-демпфирующие свойства подвески (пружины и амортизаторы с заданными характеристиками жесткости и демпфирования); и блок, генерирующий профиль опорного основания. Для последнего требуется задать геометрию неровностей для четырех различных типов дорог (асфальт, грунт и т.д.) на общей дистанции 2000 м, что служит входным возмущением для модели.

Построение и анализ модели в MATLAB включает несколько этапов. Сначала, на основе уравнений движения, создается структурная схема модели, часто с использованием инструментов Simulink или Simscape Multibody для наглядного представления механической системы и ее взаимодействий. Далее задаются параметры модели: масса КСИМ, масса пользователя, моменты инерции, жесткость и коэффициент демпфирования подвески. Затем в модель вводится сгенерированный профиль дороги как функция координаты или времени (при заданной скорости) [2]. Запускается процесс имитационного моделирования (численное

решение системы уравнений) для различных комбинаций входных данных: скорости движения КСИМ и массы пользователя. В ходе симуляции регистрируются выходные параметры, прежде всего – вертикальные ускорения на раме или в точке, соответствующей положению пользователя. Полученные данные обрабатываются средствами MATLAB для количественной оценки вибронагруженности (например, вычисление среднеквадратичного значения ускорения) и определения зависимости уровня вибраций от типа дороги, скорости и нагрузки, что позволяет обоснованно определить комфортные и безопасные режимы эксплуатации.

Список литературы

1. Жилейкин М.М., Котиев Г.О., Сарач Е.Б. Математические модели систем транспортных средств Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2017. 100 с.
2. Рогачев Д.И. Анализ поверхности движения лесных машин на основе данных lidar // Студенческая научная весна : Всероссийская студенческая конференция: сборник тезисов докладов (Москва, 01–30 апреля 2021 года.). Москва: Издательский дом "Научная библиотека", 2021. С. 518-519.

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ»

УДК 674-419.3

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА СОВРЕМЕННУЮ АРХИТЕКТУРУ

Бурмистров Д.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»
bda.apx@gmail.com
Грачева К.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»
xenia.gra4ewa2016@yandex.ru
Научные руководители: Горбачева Г.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»;
Самойлова Е.А., инженер-технолог
ООО «ДСК Стройконструкция»

Современная архитектура стремительно развивается следуя технологическим достижениям, постоянно изменяя подход к использованию материалов. Архитектура всегда была отражением времени и стремлений общества. В последние годы ведущим трендом является возвращение к использованию древесины, что обусловлено не только её экологичностью, но и технологическими достижениями, связанными с применением клееных деревянных конструкций (КДК). В статье рассматривается влияние технологии производства клееной древесины на формирование архитектурной формы.

С развитием строительных технологий и сознанием о необходимости в устойчивости развития, такой материал как древесина, снова оказался в центре внимания. Сегодня мы наблюдаем возвращение к органическим материалам в ответ на необходимость экологического строительства и гармонии с природой.

Луи Салливан, первопроходец направления рационализма в американской архитектуре, утверждал, что форма следует за функцией. В продолжение его идеи, материал и конструкция становятся неотъемлемыми элементами философии архитектуры.

С самого начала архитектура была тесно связана с материалами, которые использовались для её создания. Выбор таких материалов, как кирпич, металл или железобетон, определяет механизм формообразования. Древесина, благодаря своей лёгкости, прочности и естественной изменчивости, открывает новые горизонты для проектирования. Особое внимание стоит уделить применению современных деревянных материалов, которые используются в строительстве: LVL, CLT и GLULAM.

Так, проекты японского архитектора Шигеру Бана, с применением КДК, демонстрируют, как материал может быть основой для создания архитектурных решений, где экологичность и эстетика стоят в приоритете. В своих проектах, таких как Картонный Собор (2012) или Павильон Японии Expo 2000, Бан утверждает, что древесина − не просто материал для строительства, а «живое» вещество, которое позволяет строить с уважением к природе, чтобы пространство гармонировало с психологией человека [1]. Алвар Аалто, вдохновлённый скандинавской природой, всегда видел в древесине материал, который не только отвечает функциональным требованиям, но и создает атмосферу уюта и тепла. Церковь Трех Крестов (1958) показывает, как деревянные конструкции могут стать органичной частью архитектурной композиции, в которой важна каждая деталь. Аалто применял древесину не только как структурный элемент, но и как эстетическое решение, придающее зданию особую атмосферу [2].

Древесина как строительный материал переживает свое возрождение, становясь ключевым элементом в поиске устойчивых решений для будущего архитектуры. Технология клеёной древесины, предоставляет архитекторам новые возможности для создания более сложных, изящных и высоких зданий. Эти материалы позволяют значительно повысить скорость строительства, не жертвуя качеством и устойчивостью конструкции. В будущем мы увидим еще больше примеров использования древесины в зданиях. Она будет продолжать диктовать не только механизмы формообразования, но и новые способы их взаимодействия с природой и городской средой. В этом контексте деревянная архитектура — это не просто возвращение к традициям, а шаг в будущее, которое находит идеальный баланс между экологией, эстетикой и технологией.

Список литературы

1. Ban Sh. Shigeru Ban: timber in architecture. London: Rizzoli, 2022. 256 p.
2. Lahti L. Aalto. Koln: Taschen, 2014. 96 p.

УДК 69;630*2

ИННОВАЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОФИЛИРОВАННЫЙ ДЕРЕВЯННЫЙ БРУС

Грачёв В.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»
grachiev1999@mail.ru
Научный руководитель: Запруднов В.И., д.т.н., профессор.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

В современном строительстве малоэтажных деревянных домов активно разрабатываются новые технологии, направленные на ускорение и упрощение процесса возведения зданий и сооружений с одновременным повышением их прочности, надёжности и теплоизоляционных свойств. Одним из таких методов является применение профилированного деревянного бруса.

Профилированный брус – это современный вариант пиломатериала промышленного изготовления. Делается он из разных пород древесины и на выходе с пиловочного станка в сечении имеет отличную от прямоугольника форму. Боковые стороны готового бруса получаются ровными либо округлыми, а нижняя и верхняя обладают выемками замкового соединения типа «шип-паз» [1].

В отличие от классических методов строительства, где деревянный брус с пазами на одной горизонтальной поверхности укладывается на шипы другого бруса, которые находятся на противоположной горизонтальной поверхности, в инновационном профилированном деревянном брусе на верхней и нижней горизонтальных поверхностях расположены парно по два опорных выступа и по два продольных установочных паза для размещения опорных выступов. При этом боковая грань каждого опорного выступа примыкает к боковой грани парного установочного паза и образует с ней общую продольную опорную поверхность.

Уникальная особенность инновационного строительного профилированного деревянного бруса – возможность соединения независимо от положения при их монтаже на стройплощадке. Это свойство работает, даже если брусья повёрнуты на 180º относительно горизонтальной оси, что невозможно с современными строительными брусьями.

Ещё одна особенность конструкции бруса – это то, что боковая грань опорного выступа и боковая грань установочного паза образуют общую продольную опорную поверхность. Благодаря этому верхний брус автоматически выравнивается относительно нижнего даже при

небольших отклонениях. Под давлением собственной массы брус занимает необходимое положение и обеспечивает прочное сцепление с нижележащим рядом брусьев.

В настоящее время всё больше людей задумываются о том, как сделать здания и сооружения более энергоэффективными. Энергоэффективность – это способность зданий и сооружений использовать энергию с максимальной пользой.

Чтобы сделать здания и сооружения более энергоэффективными, нужно принимать во внимание различные аспекты, включая изоляцию, вентиляцию, освещение, обогрев и охлаждение. Кроме того, важно применять передовые технологии и материалы в процессе строительства и реконструкции.

Кроме экономических выгод, энергоэффективность также способствует повышению комфорта и качества жизни. Хорошо изолированные здания сохраняют тепло зимой и прохладу летом, обеспечивая комфортные условия проживания и работы [2].

Одним из способов достижения этих целей является использование инновационного строительного материала – профилированного деревянного бруса с новой геометрией профиля. Благодаря герметичному соединению элементов конструкции, такой брус обеспечивает улучшенную теплоизоляцию. Это позволяет снизить теплопотери и повысить энергоэффективность зданий.

Использование инновационного строительного материала делает здания более экономичными в эксплуатации и экологичными, ведь дерево – это возобновляемый ресурс, что важно для сохранения окружающей среды.

Список литературы

1. Профилированный брус. URL: https://sdelat-dom.ru/stroitelstvo/st-eny/profilirovannyj-brus/?ysclid=ma2ie4y5vz4257648 (Дата обращения 25.04.2024).
2. Энергоэффективность зданий: ключевые принципы и практические рекомендации. URL: https://krcsr532.ru/news/2023/11/16/news1_1000.html (Дата обращения 28.04.2025).

УДК 681.817.061.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОКОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Пенькова М.И., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
makamaha@mail.ru
Научный руководитель: Горбачева Г.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Общеизвестно, что древесина для изготовления музыкальных инструментов должна иметь красивый внешний вид, наличие пороков в ней нежелательно. Однако, существуют струнные музыкальные инструменты (как старинные, изготовленные мастерами Страдивари, Гварнери, Амати, так и современные фабричные), в древесине которых встречаются пороки, и звучание таких инструментов не значительно уступает другим. В составе Государственной коллекции уникальных музыкальных инструментов в «Российском национальном музее музыки» имеются старинные музыкальные инструменты с минимальным количеством пороком.

Лучшей «резонансной» древесиной считается та, которая при малой плотности обладает высокой жесткостью, и отвечает акустическим требованиям, имеет наибольшие значения скорости распространения звука, акустической константы и эффективности

акустического преобразования $\eta_{эап}$ (ACE). Наибольшие значения этих показателей достигаются при меньшей плотности и большем модуле упругости.

Также важна прочность, поскольку во время игры на струнном музыкальном инструменте на корпус воздействует большое количество сил. Вызванные этими силами напряжения в древесине могут привести к появлению трещин в деках или к поломке инструмента. Если рассматривать верхнюю деку скрипки, то здесь будут проявляться различные виды напряжений и деформаций, такие как напряжения в древесине из-за наличия в ней отверстий, температурные напряжения, наблюдаются изгибные деформации и деформации сжатия. Одновременно и в чистом виде эти напряжения и деформации в музыкальном инструменте почти не встречаются, но могут проявляться в определенные моменты времени [1].

При рассмотрении различных групп пороков, встречающихся в древесине музыкальных инструментов, можно отметить их влияние на физико-механические свойства, которые важны для «резонансной» древесины.

Сучки (а именно здоровые, сросшиеся) ухудшают внешний вид древесины и нарушают её однородность, вызывают искривление волокон и годичных слоёв. Плотность сучков выше, чем плотность окружающей древесины. Сучки увеличивают прочность при сжатии и растяжении древесины в радиальном направлении поперек волокон, когда ось сучка совпадает с направлением усилия. Модули упругости с увеличением размера сучков при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе снижаются, а при растяжении и сжатии поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях – сильно возрастают в связи с большей жесткостью древесины самих сучков.

Глазки снижают прочность, увеличивают плотность, но создают красивую текстуру "птичий глаз".

Кармашки ухудшают внешний вид и могут существенно снизить прочность древесины.

Завитки снижают прочность.

Сердцевинные повторения ухудшают внешний вид и могут снизить прочность при растяжении.

При *крени* плотность, торцовая твердость, прочность при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе повышаются. В то же время предел прочности при растяжении вдоль волокон и ударная вязкость снижаются. Модули упругости вдоль волокон падают, а модули сдвига и модули упругости при сжатии поперек волокон возрастают [2].

Следует добавить, что при наличии крени в клеточной стенке в слое S_2 угол наклона целлюлозных микрофибрилл составляет 45°, что значительно больше, чем у нормальной древесины (5–15°). Известно, что угол наклона микрофибрилл влияет на показатель $\eta_{эап}$ [3]. Чем ниже этот угол, тем выше эффективность акустического преобразования, следовательно, из-за наличия крени уменьшается значение этого показателя.

Таким образом, пороки отрицательно влияют на физико-механические свойства древесины для музыкальных инструментов. В основном, пороки повышают плотность и снижают модуль упругости, что негативно сказывается на характеристиках древесины, таких как скорость распространения звука, акустическая константа и эффективность акустического преобразования. Наличие некоторых пороков снижает прочность древесины, что может привести к нарушению целостности корпуса музыкального инструмента. Несмотря на это, имеет место применение древесины с пороками для изготовления струнных музыкальных инструментов хорошего качества.

Список литературы

1. Лукин В. Г. Основные напряжения и виды нагрузок в музыкальных инструментах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 199. С. 203-212.

2. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведения: учебник для студ. вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров 250100 «Лесное дело»,

«Технология и оборудование лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств и др» / 5-е изд. перер., доп. М.: МГУЛ, 2007. 351 с.
3. Aizawa H., Obataya E., Ono T., Norimoto M. Acoustic Converting Efficiency and Anisotropic Nature of Wood // Wood Research. 1998. № 85. Pp. 81–83.

УДК 630.81

КОРА МИКОЛОГИЧЕСКИ РАЗРУШЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ, КАК ХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Петухов В.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»
Popovivviv24@gmail.com
Научный руководитель: Рыбин Б.М., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»
Научный консультант: Кононов Г.Н., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-паркового строительство»

Отходы окорки берёзовой древесины, образующиеся в фанерном, целлюлозно-бумажном и лесопильном производствах, на сегодняшний день практически не востребованы. Кора может быть использована в специфических областях применения, однако потенциал этого сырья реализуется недостаточно.

Особый интерес представляет кора микологически разрушенной древесины берёзы. Благодаря наличию в её составе антисептических компонентов (суберина, бетулина и танинов), берёзовая кора не разрушается в процессе миколиза древесины и легко отделяется от неё в процессах механической переработки, превращаясь в обременительный отход наряду с продуктами технологической окорки.

Берёзовая кора имеет сложное анатомическое строение и состоит из двух слоёв: внутреннего – флоэмы (луба) и внешнего – феллемы (бересты). Эти слои образуются за счёт деления клеток пробкого камбия – феллогена.

Проведенные исследования показали, что стенки клеток бересты содержат суберин – смесь ненасыщенных полиэфиров, а их полости заполнены бетулином – смесью пентациклических тритерпеноидов. Луб же обогащён целлюлозой и лигнином, а также содержит танины. [1]

Бетулин является основным экстрактивным веществом бересты и представляет собой смесь, в основном состоящую из пентациклического спирта – бетулинола, обладающего широким спектром биологической активности, а также ряда других терпеноидов.

Предполагается получение из коры березы сорбентов, содержащих биологически активные компоненты, путем суперизмельчения на специальных роторно-импеллерных мельницах, а также в связи с особенностями химического состава различных слоёв коры, предполагается возможность получения из измельченной берёзовой коры биопластиков, в которых компоненты бересты будут выступать в роли термореактивного связующего, а компоненты луба – в роли армирующего каркаса [2]. Первые опыты по получению таких сорбентов и пластиков подтвердили эти предположения.

Бетулин, выделенный из бересты коры березы, проявляющий широкий спектр биологической активности, обладая антисептическими и антиоксидантными свойствами, делает его перспективным агентом для создания древесно-целлюлозных материалов с повышенной биологической стойкостью.

Для реализации проекта по получению биологически активных сорбентов предварительно подготовленная и высушенная берёзовая кора подверглась механоактивации в специально разработанной компанией «Биоветт фермент» вихревой мельнице с ротором-импеллером, вращающимся со скоростью от 4000 до 8000 об/мин.

В результате интенсивного размола коры микологически разрушенной древесины берёзы был получен порошкообразный механоактивированный сорбент, который был исследован с целью определения его компонентного состава.

Кроме химического анализа полученного механоактивированного материала, был проведен его гранулометрический анализ для образцов, полученных при разных режимах механоактивации. Результаты свидетельствуют о том, что при увеличении скорости механоактивации с 4000 об/мин до 6000 об/мин и с 6000 об/мин до 8000 об/мин средний размер частиц уменьшается в 1,7 раза и 1,5 раза соответственно. При этом средний размер частиц не превышает 850 мкм, 630 мкм и 440 мкм соответственно для указанных режимов.

Сорбционные характиристики механоактивированного материала свидельствуют о том, что с возрастанием интенсивности размола суммарный объём пор, определённый по водопоглащению заметно снижается, возможно, за счёт разрушения макропор. Сорбционные способности по метеленовому синему наооборот возрастает засчет образования мезопор в процессе механоактивации.

Установлено, что кора микологически разрушенной древесины берёзы является ценным химическим сырьем, содержащим биологически активные вещества, в частности, бетулин и суберин.

Разработан метод механоактивации коры с целью получения биологически активных сорбентов и создания сырья для композиционных материалов [3].

Показана перспективность применения компонентов коры берёзы для создания биопластиков и материалов с повышенной биологической стойкостью.

Список литературы

1. Семенченко В.Ф., Кудрин С.В. Содержание бетулинола во внешней коре березы // Фармация. 1992. Т. 41. С. 24-27.
2. Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии. 2006. Т. 75. № 3. 203-216.
3. Плитные материалы и изделия из древесины без добавления связующих. / Под ред. В.Н. Петри. М.: Лесная пром-сть, 1976. 360 с.

УДК 630

ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ОБЪЁМНОГО ВЫХОДА ДЛИННОМЕРНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Седрисев И.Д., студент
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
sedrisev.ivan@mail.ru
Научный руководитель: Рыкунин С.Н., д.т.н., профессор
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В условиях санкций на рынках экспортируемых пиломатериалов в нашей стране увеличился запрос на производство длинномерных пиломатериалов. Процент их выхода требуется повысить для увеличения товарной стоимости и, как следствие, извлечения большей прибыли из имеющегося сырья. Такой спрос обусловлен рядом факторов: транспортировка

пиломатериалов до места их дальнейшей переработки, наиболее удобное их использование при переработке древесины.

Производство пилопродукции из круглых лесоматериалов – это процесс их продольного деления. Основным показателем данного процесса является общий объёмный выход. Этот показатель зачастую зависит от характеристик исходного сырья, оптимального подбора постава и оборудования. В ходе разработки методики основным критерием рациональности её применения служило соблюдение максимального объёмного выхода получаемых пиломатериалов. Стоит отметить, что предлагаемая методика применима только для распиловки с брусовкой [1].

Транспортировка пиломатериалов до места их назначения является важным ценообразующим фактором. Так как доставка одной еврофуры с пиломатериала в Узбекистан из Иркутской области обойдётся в среднем от 4500 до 5000 долларов. Вместимость одной еврофуры составляет 37–46 м^3 пиломатериала, что зависит от исходных характеристик сырья. При товарной стоимости пиломатериалов равной 14500 руб. за м^3, расходы на его перевозку будут составлять 30–40 % от цены. В условиях современного рынка покупатели обращают на этот аспект особое внимание. Пиломатериалы длиной 6 м могут быть размещены в транспортных средствах (вагон, еврофура и т.д.) максимально выгодно. Это создаёт возможность транспортировать больший объём за один рейс и, как следствие, уменьшить затраты на транспортировку. Так же предприятия более охотно отгружают пиломатериалы большей длины из-за времени необходимого на их загрузку-выгрузку, что так же даёт возможность наиболее эффективного использования погрузочного оборудования.

Исходя из проведённого расчёта поставов, данных по общему объёмному выходу и выходу длинных пиломатериалов можно сделать следующие выводы:

– при рассмотрении диаметра 18 см при выпиловке бруса равному 0,7 от вершинного торца бревна наблюдается наибольший выход длинных пиломатериалов;

– при аналогичном рассмотрении диаметра 20 см наибольший выход длинных пиломатериалов будет у бруса равного 0,75 от диаметра вершины;

– диаметр 22 см, при 0,79 от вершины;

– у диаметров 24 см и 26 см – 0,72 и 0,67 соответственно.

Стоит отметить, что производство таких пиломатериалов упрощает их сортировку, что снижает диапазон длин, то есть происходит уменьшение количества сортировочных групп на промежуточных участках хранения пиломатериалов для их дальнейшей укладки.

Для получения наибольшего объёмного выхода пиломатериалов длиной 6 м следует придерживаться следующего правила – выпиловка двухкантного бруса толщиной 0,67–0,79 к диаметру бревна.

Полученные результаты по увеличению объёмного выхода пиломатериалов длиной 6 м могут быть использованы лесопильно-деревоперерабатывающими производствами при формировании спецификации товарных пиломатериалов.

Список литературы

1. Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Рыкунин С.Н. Повышение выхода пиломатериалов при распиловке с брусовкой // Изв. вузов. Лесн. журнал. 2024. № 1. С. 152-167.

УДК 674.06

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТРУДНОГОРЮЧЕЙ И ОБЫЧНОЙ ФАНЕРЫ

Страту М.П., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
mstraty@mail.ru
Научный руководитель: Соболев А.В., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Данная работа посвящена сравнительному исследованию свойств трудногорючей и обычной фанеры, с целью определения их эксплуатационных характеристик для оценки возможности альтернативного применения в различных отраслях народного хозяйства. В процессе исследования были получены показатели прочности, жесткости в зоне упругой деформации, а также устойчивости к воздействию влаги.

Предварительные исследования включали в себя тестирование образцов обеих типов фанеры на противодействие открытому пламени. Результаты показали, что трудногорючая фанера (ТГФ) обладает значительно лучшими огнеупорными характеристиками, что делает её предпочтительной для использования в строительстве, машиностроении и других видах производства, особенно в зонах с высоким риском возникновение пожара.

Фанера относится к наиболее популярным строительным материалам, благодаря своей относительной легкости, прочности и универсальности. С ростом требований к безопасности, особенно в условиях повышенного риска возгораний, применимость трудногорючей фанеры существенно возросла. Этот вид фанеры получают путем обработки специальными огнезащитными составами, что не только значительно снижает её горючесть, но и практически полностью исключает воспламеняемость. В то же время, наличие инородных веществ (антипиренов) в структуре слоистой клееной древесины, в том числе и в ТГФ, может оказывать неоднозначное влияние на нормируемые стандартами физические и механические характеристики фанеры.

В данной работе приведены результаты экспериментального определения показателей влагопоглощения, а также модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе. Для проведения испытаний были подготовлены образцы из трудногорючей фанеры марки ФСФ-ТВ и фанеры общего назначения [1], близких размеров по толщине.

Для проведения испытания на влагопоглощение, образцы помещали в воздушную среду с относительной влажностью воздуха около 100%, созданную в эксикаторе [2]. С целью получения сравнительных показателей, периодическое взвешивание образцов проводили в несколько расширенных, относительно указанных в стандарте временных диапазонах, начиная с 30 мин. Конечные и промежуточные величины испытаний были представлены в виде кинетических кривых влагополглощения – для текущих показателей и в виде столбчатых диаграмм – для предельных значений.

Анализ результатов показал, что закономерность изменения гигроскопической влажности при выдержке образцов в эксикаторе, может быть представлена в виде логарифмических функций с коэффициентом детерминации R^2 не меньше 0,97. Предельное влагопоглощение трудногорючей фанеры составляет 41 %, это почти в 2 раза больше обычной, что можно объяснить наличием в ТГФ сухой соли, являющейся дополнительным сорбентом водяного пара. Кроме того, выявлено, что при долгосрочном пребывании в воздухе с высокой относительной влажностью, образцы обычной фанеры начали покрываться плесенью, а из образцов трудногорючей фанеры выделяются мелкие частицы соли.

Проведение испытаний на статический изгиб, с определением модуля упругости и предела прочности обеих видов фанеры, выполняли на разрывной машине Р-05. Применяя

стандартные методики к подготовке образцов, скорости нагружения, расчетам показателей по формулам, диапазону нагрузки замеров прогиба, получили результаты измеряемых величин [3]. Для их наглядной визуализации и сравнительной оценки, применили представление в виде диаграмм.

Обобщающий анализ результатов показал, что анизотропия прочностных и деформативных свойств при статическом изгибе в плоскости листов у трудногорючей фанеры выражена в большей степени, чем у обычной. В то же время, по фактическим показателям пределов прочности оба вида фанеры соответствуют установленным требованиям. Модуль упругости трудногорючей фанеры оказался на 16 % выше, значение этого показателя находится в прямой зависимости от направления волокон в лицевых слоях шпона испытываемых образцов.

В заключении можно отметить, что в целом, представленные виды фанеры не имеют существенных отличий в показателях исследованных свойств, что дает возможность осуществлять альтернативную замену обычной фанеры трудногорючей, в аналогичных конструкциях без снижения несущей способности, значительно повышая их огнестойкость.

Список литературы

1. ГОСТ 3916.1–2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. М.: Изд-во стандартов, переиздание. 2018. 24 с.
2. ГОСТ 9621–72. Древесина слоистая клееная. методы определения физических свойств. М.: Изд-во стандартов, переиздание. 1972. 6 с.
3. ГОСТ 9625 –2013. Древесина слоистая клееная. Методы определения предела прочности и модуля упругости при статическом изгибе. М.: Изд-во стандартов. 2013. 8 с.

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ»

УДК 691.175.5/.8

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Борисова О.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
borisovaoa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Иванкин А.Н., д.х.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Основными компонентами связующего для древесно-стружечных плит марки ДСтП и ОСП, а также бумажно-слоистых пластиков и пленок являются фенолформальдегидные олигомеры, обладающие, с одной стороны, хорошими «сшивающими» способностями, позволяющими получать прочный монолит. С другой стороны, входящий в их состав формальдегид постепенно испаряется в течение периода эксплуатации предметов, изготовленных из данных материалов [1]. Формальдегид – токсичное соединение, способное вызвать у человека аллергию и даже астму. Кроме того, содержащие его материалы, оказавшись в природной среде, очень долго разлагаются, выделяя вредные токсины. Поэтому все более активно ведутся научные поиски по частичной или даже полной замене фенолформальдегидных смол подобным им по свойствам, но более безопасными связующими [2].

Цель исследования – получение связующего для бумажно-слоистых пластиков на основе водорастворимых полимеров.

Для связующего были выбраны следующие полимеры: поливиниловый спирт полностью гидролизованный марки 27/1 и лигносульфонат технический. Данные полимерные соединения являются экологически чистыми, к тому же последний из них вовсе является отходом сульфитной варки целлюлозы. Для модификации их физико-химических свойств было решено использовать экстракт хвои лиственницы сибирской *Larix sibirica*. Согласно литературным данным, в хвое лиственницы содержится большое количество биологически активных веществ, которые с химической точки зрения являются высокореакционноспособными соединениями [3].

Экстракт получали в аппарате Сокслета, используя в качестве экстрагирующего агента этиловый спирт 96 %, время экстрагирования – 4 ч. Концентрация полученного спиртового экстракта хвои лиственницы сибирской составила 15 %.

Модификацию полимеров проводили методом сополиконденсации в фарфоровых стаканах вместимостью 100 мл. В один стакан добавляли 10 г 10%-го поливинилового спирта и 3 мл хвойного экстракта лиственницы, в другой – 20 г жидкого лигносульфоната и 10 мл хвойного экстракта. Стаканы нагревали на песчаной бане при температуре 120 °С в течение 10 мин. После у модифицированных полимеров измерялись следующие показатели: динамическая вязкость (на вискозиметре Хепплера) и поверхностное натяжение (методом отрыва кольца на торсионных весах). Динамическая вязкость у модифицированного поливинилового спирта составила 0,31 мПа·с, по сравнению с исходным полимером (0,38 мПа·с), поверхностное натяжение – 0,0404 Н/м (у исходного 10%-го раствора поливинилового спирта – 0,0454 Н/м). Эти же показатели у лигносульфоната, модифицированного хвойным экстрактом лиственницы, составили: динамическая вязкость – 3,40 мПа·с (у исходного лигносульфоната – 3,65 мПа·с), поверхностное натяжение – 0,0318 Н/м (у исходного лигносульфоната – 0,0395 мПа·с). Из этого следует, что экстракт хвои лиственницы сибирской снижает вязкость полимеров.

На основе данных связующих были получены два образца бумажно-слоистого пластика. Использовалась крафт-бумага плотностью 80 г/м^2 размером 150×150 мм. Каждый образец состоял из 5 слоев данной бумаги, пропитанной соответственно модифицированным поливиниловым спиртом 10%-м или модифицированным жидким лигносульфонатом. Прессование пакета образцов проводилось при температуре 140 °С, давлении 9,81 МПа в течение 15 мин. Затем образцы подвергали испытаниям на водопрочность при кипячении. Образец с модифицированным лигносульфонатом испытания не выдержал и расслоился уже через 3 мин после начала кипячения. Образец бумажно-слоистого пластика с модифицированным 10%-м поливиниловым спиртом даже при продолжительности кипячения (50 мин) не расслоился.

Таким образом, хвойный экстракт лиственницы сибирской возможно использовать в качестве модификатора физико-химических свойств полимерных материалов, а среди полученных связующих для бумажно-слоистого пластика лучшие результаты показал 10%-й поливиниловый спирт с хвойным экстрактом. Однако необходимо проведение дальнейших исследований с целью улучшения некоторых свойств данного связующего.

Список литературы

1. Степень Р.А., Петренко Е.В. Паршикова В.Н. Модификация клеевой массы экстрактом хвойной древесной зелени // Стратегическое эколого-экономическое развитие регионов и муниципальных образований в условиях глобализации: сборник материалов Международной научно-практической конференции (Москва, 20 марта 2017 г.). М.: Изд-во РАЕН, 2017. С. 134 – 138.
2. Гораев И.М., Ибрагимов А.А. Фенолформальдегидные смолы // Вестник магистратуры. 2019. № 10 (97). С. 11 – 18.
3. Миксон Д.С., Рощин В.И. Групповой состав и кислоты хвои лиственницы сибирской разного периода вегетации // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 207 – 214.

УДК 674.07

ОТДЕЛКА ДРЕВЕСНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИФТАЛЕВЫХ СМОЛ

Котелова К.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
christinakotelova@yandex.ru
Научный руководитель: Зарубина А.Н., к.т.н., зав. кафедрой
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Обработка древесных поверхностей играет важную роль для их защиты от внешнего воздействия, т.к. древесина подвержена различным разрушительным процессам: гниению, появлению плесени, выгоранию, образованию трещин и другим видам повреждений. Отсутствие отделки существенно сокращает срок службы материалов, требуется реставрация либо полная замена конструкции, что приводит к значительным затратам.

Объект исследования – глифталевые полимеры, модифицированные молочной кислотой, которые предполагается использовать для отделки древесных поверхностей. На начальном этапе синтеза полимера одновременно с глицерином и фталевым ангидридом вводили модификатор в количестве 10, 20 и 30 %.

Для установления возможного химического взаимодействия модификатора с мономерами в процессе образования смолы использовали метод инфракрасной (ИК) спектроскопии. Типы образовавшихся химических связей в продукте определили на

ИК-Фурье-спектрофотометре ФТ-801. Длины волн или частоты, при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп и других фрагментов [1].

Максимальное поглощение (90 %) наблюдалось при волновом числе 1750, что свидетельствует о наличии в исследуемых образцах сложноэфирных связей, которые образуются за счет взаимодействия фталевого ангидрида со спиртовыми гидроксилами глицерина. При добавлении 30 % молочной кислоты число таких связей повышается до 95 %, что подтверждает химическое взаимодействие молочной кислоты с молекулами мономеров.

При добавлении молочной кислоты в количестве 30 % остается около 25 % непрореагировавших как карбоксильных, так и гидроксильных групп (волновое число 3500–2400), а при уменьшении количества вводимого модификатора до 10 % число этих функциональных групп в полимере близко к нулю. Следовательно, оптимальное количество вводимого модификатора составляет не более 10 %.

При определении степени отверждения полимеров установлено, что добавление 10 % молочной кислоты приводит к снижению этого показателя с 77 до 46 %, что говорит об образовании олигомерных продуктов меньшей молекулярной массы. Это будет способствовать их лучшей растворимости при приготовлении лаковых растворов.

Дальнейшие испытания получаемых лаковых покрытий проводили с использованием глифталевой смолы, модифицированной 10 % молочной кислоты. В качестве растворителя при приготовлении 50%-ного раствора лака применяли спирто-бензольную смесь.

При нанесении качественных лаковых покрытий большое значение имеет вязкость растворов. Установлено, что добавление модификатора не изменило динамическую вязкость раствора (950 мПА·см^3/г), которую определяли с помощью вискозиметра Гепплера.

Для исследования адгезии образующегося покрытия к древесным поверхностям определяли краевой угол смачивания, который в результате модификации снизился в более чем в 4 раза (с 30 до 7 °), а также поверхностное натяжение методом отрыва кольца. Поверхностное натяжение при модификации снизилось с 26 до 25 мН/м, что должно способствовать лучшей адгезией лака на модифицированном глифталевом полимере.

При использовании отделанных модифицированными лаками изделий в условиях повышенных температур важно знать теплостойкость таких покрытий. Было установлено, что введение модификатора улучшает теплостойкость, определенную как сухим, так и влажным методами. Однако химическая стойкость покрытий под влиянием этилового спирта, ацетона и уксусной кислоты оказалась недостаточно высокой, что не позволит использовать для очистки таких покрытий составы на основе этих растворителей. Но водостойкость лаковых поверхностей в результате модификации улучшается. При этом стойкость к воздействию водяного пара остается без изменений, а твердость поверхности по карандашу возрастает в 3 раза.

Таким образом, полученные результаты химической модификации глифталевой смолы молочной кислотой свидетельствуют о необходимости продолжения исследований по применению в качестве основы лаковых составов таких модифицированных полимеров. Образующиеся при этом лаковые поверхности отличаются высокими физико-механическими свойствами.

Список литературы

1. Юльметова Р.Ф., Буряк И.В., Волосова А.С., Алексеева М.Е., Шульгина Ю.В. Физико-химические методы и приборы экоаналитических исследований: учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 75 с.

УДК 620.197.3

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, РАБОТАЮЩИХ В КОРРОЗИОННО-АГРЕССИВНЫХ УСЛОВИЯХ

Лаптев А.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
alptv30@gmail.com
Чумаков К.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
kirill.chumakov2018@mail.ru
Научные руководители: Вагапов Р.К., д.т.н., нач. лаб.
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Лаборатория защиты от атмосферной и внутренней коррозии КНТЦ коррозионного мониторинга и защиты от коррозии;
kizit@rambler.ru
Олиференко Г.Л., к.х.н., доцент,
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
oliferenko2@inbox.ru;

Металлические конструкции и оборудование предприятий химической переработки древесины, а также объекты транспортировки природного сырья (газопроводы и нефтепроводы) значительно подвергаются коррозии вследствие эксплуатации в агрессивных условиях.

Цель работы – изучение перспективных способов защиты от коррозии технологического оборудования, которое используется на предприятиях химической переработки древесины и объектах нефтегазового комплекса.

Способы противокоррозионной защиты подразделяются на три основные группы: 1) изменение свойств металла или сплава, подвергающегося коррозии; 2) изоляция металла от коррозионной среды (защитные покрытия); 3) изменение свойств коррозионной среды [1]. Значительное повышение коррозионной стойкости достигается при легировании металла или сплава специальными добавками (хромом, никелем, вольфрамом, титаном, медью и др.), вызывающими торможение катодного или анодного процессов электрохимической коррозии. Часто на поверхность металла наносят защитные покрытия (металлические, неметаллические). Одним из самых эффективных способов борьбы с коррозией металлов в различных агрессивных средах является использование ингибиторов [2]. Ингибиторами коррозии называют химические соединения, которые, присутствуя в коррозионной системе в достаточной концентрации, уменьшают скорость коррозии без значительного изменения концентрации любого коррозионного реагента. Защитное действие ингибиторов обусловлено уменьшением площади активной поверхности металла вследствие адсорбции ингибитора или образования с ионами металла труднорастворимых соединений, образующих на поверхности пленку, которая существенно тоньше наносимых защитных покрытий.

В настоящей работе было изучено защитное действие нескольких ингибиторов коррозии, выпускаемых отечественной промышленностью. Ингибиторы по химическому составу представляли собой композиции азотсодержащих органических соединений. В качестве объектов исследования были выбраны образцы следующих сталей: 20К, 09Г2С (без термообработки), 09Г2С (с термообработкой), 13ХФА, которые наиболее часто применяются в технологическом оборудовании промышленных предприятий. Действие ингибиторов исследовали в углекислотной среде, так как диоксид углерода (CO_2) является весьма распространенным коррозионным агентом [3]. Для исследования коррозии был использован гравиметрический метод, который основан на определении потери массы стальных образцов

за время их пребывания в фоновой (неингибированной) и ингибированной модельных испытательных средах. В качестве модельных сред использовали водные растворы, содержащие хлориды и гидрокарбонаты. Исследования проводили в статических и динамических условиях (при перемешивании).

Установлено, что на скорость коррозии влияет температура, состав модельной среды, динамический фактор, марка стали и природа ингибитора. При повышении температуры скорость коррозии возрастает как в неингибированной, так и ингибированной средах. В высокоминерализированной среде скорость коррозии, при прочих равных условиях, меньше, так как снижается растворимость диоксида углерода. Скорость коррозии в динамических условиях выше, чем в статических, поскольку перемешивание влияет на процессы образования и уноса от стальной поверхности продуктов коррозии. В случае использования ингибитора динамический фактор сказывается на его адсорбции на поверхности металла. Образцы сталей марок 09Г2С (с термообработкой) и 13ХФА в меньшей степени подвержены коррозии. Испытанные ингибиторы коррозии имеют достаточно высокие значения степени защиты от коррозии в интервале температур 20…65 °С: от 60 до 95,8 %. Таким образом, наблюдавшиеся в ходе экспериментов относительно высокие скорости коррозии подтверждают целесообразность мер по защите от коррозии и контролю состояния как вновь проектируемого, так и эксплуатируемого технологического оборудования.

Список литературы

1. Жарский И.М., Иванова Н.П., Куис Д.В., Свидунович Н.А. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования: учеб. пособие. Минск: Высш. шк., 2012. 303с.
2. Козлова Л.С., Сибилева С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Е. Ингибиторы коррозии (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 2. С. 67–75.
3. Вагапов Р.К., Лаптев А.М., Ибатуллин К.А., Олиференко Г.Л., Чумаков К.В. Исследование коррозионной агрессивности углекислотных сред по отношению к трубопроводам и защитной эффективности ингибиторов коррозии // Коррозия: защита, материалы. №152024. С. 22-29.

УДК 661.862.233

СОРБЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ АДЪЮВАНТА ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Романюк А.С., студент
МФ МГТУ им. Баумана МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
romal.alina@yandex.ru
Научный руководитель: Зарубина А.Н., к.т.н., зав. кафедрой
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Гель гидроксида алюминия (ГГА) как самостоятельное вещество применяется в медицинской промышленности в производстве иммунобиологических препаратов. Одним из показателей качества ГГА является сорбционная емкость, определяющая количество вещества, которое может поглотить сорбент на единицу своей массы [1]. Данная работа посвящена возможности повышения эффективности адъюванта гидроксида алюминия, которая заключается в более выраженном иммунном ответе, за счет увеличения его сорбционной емкости.

Самый распространенный метод получения гидроксида алюминия основан на осаждении его из растворов солей раствором аммиака, но существуют методы, где вместо гидроксида аммония применяется раствор карбоната натрия [2]. Известно, что добавление карбамида к раствору сульфата алюминия способствует увеличению сорбционной емкости

получаемого ГГА. Выдержка суспензии свежеосажденного гидроксида алюминия в органических жидкостях с низким поверхностным натяжением – в этаноле, ацетоне и уксусной кислоте – также приводит к увеличению сорбционной емкости продукта [3]. Нами были проведены исследования влияния на коэффициент сорбционной емкости (КСА) ГГА этих факторов в совокупности.

Осаждение проводили из 10 %-го раствора сернокислого алюминия под действием 20 %-го раствора карбоната натрия и для сравнительного анализа под действием 10 %-го раствора аммиака. Отдельно эти же реакции проводили при добавлении карбамида к раствору сульфата алюминия в количестве от 10 до 50 г/л. Кроме того, часть полученных этими способами образцов ГГА были подвергнуты выдержке в 94 %-ном водном растворе этилового спирта.

Сорбционную емкость устанавливали по остаточной концентрации использованного в качестве красителя метилового оранжевого после его контакта с ГГА. Оптическую плотность окрашенных растворов определяли на фотоэлектроколориметре КФК-2, построив предварительно требуемый градуировочный график.

В результате определения сорбционной емкости выяснилось, что введение карбамида способствует небольшому повышению КСА только при использовании в качестве осадителя карбоната натрия, но до концентрации вводимого карбамида 40 г/л. При выдержке осадка гидроксида алюминия в этиловом спирте также наблюдается некоторое увеличение сорбционной емкости ГГА, полученного с применением карбоната натрия.

Было отмечено, что введение карбамида и последующая выдержка в этиловом спирте способствует незначительному повышению сорбционной емкости, но только при промежуточной промывке осадка от карбамида перед выдержкой в спирте. Можно предположить взаимодействие карбамида с этиловым спиртом, в результате которого образуются молекулы симм-N,N'-диэтилкарбамида, снижающие сорбционную емкость ГГА. При длительной выдержке в этиловом спирте наблюдалось повышение КСА.

Известно, что одним из условий реакции осаждения ГГА, влияющим на свойства образующегося осадка, является pH. Зависимость свойств ГГА от условий его получения объясняется тем, что осаждаемый из растворов солей гелеобразный продукт содержит химически связанную воду, поэтому представляло интерес определить pH как используемых растворов реагентов, так и образующихся составов. Было установлено, что pH раствора сульфата алюминия составлял 2,03, гидроксида аммония – 11,22, карбоната натрия – 10,29, а pH полученного с использованием карбоната натрия состава оказался ниже (pH = 9,76 – 9,96), чем при применении аммиака (pH = 10,28 – 10,35).

Таким образом, введение карбамида при осаждении гидроксида алюминия и последующая выдержка в этиловом спирте будет способствовать повышению сорбционной емкости ГГА, получаемого с использованием карбоната натрия. Кроме того, при производстве гидроксида алюминия замена гидроксида аммония на карбонат натрия позволит исключить токсичность используемых реагентов и сократить расход свежей воды на промывку геля гидроксида алюминия за счет более низкого значения pH получаемого состава.

Список литературы

1. Общая фармакопейная статья. Определение адсорбционной активности энтеросорбентов ОФС.1.2.3.0021.15. Утв. и введена в действие Приказом Минздрава России от 31.10.2018 № 749. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71997630/?ysclid=mb927lwdrf530388036 (Дата обращения 05.05.2025)

2. Пат. 2171678 Российская Федерация. МПК A61K 33/08 (2000.01). Способ получения геля алюминия гидроксида для производства медицинских иммунобиологических препаратов / Быстрицкий Л.Д., Долженко Н.Н., Ставицкая Н.Х., Степанова Е.В., Шарыгин Д.Е., Швалев

Ю.Б.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие НПО «Вирион». № 2000115193/14. Заяв. 13.06.2000. Опубл. 10.08.2001.
3. Стась Н.Ф. Зависимость свойств гидроксида алюминия от способа его получения // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 121 – 128.

УДК 674

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА БЕСЦВЕТНЫХ ПРОПИТОЧНЫХ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Стрелкина С.Е., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
strelkina.sonya@mail.ru
Научный руководитель: Цветков В.Е., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

В последнее время все больший интерес возрастает к фенолоформальдегидным смолам, которые всегда имели свои определенные области применения. На их основе изготавливалось большое разнообразие древесных и недревесных композиционных материалов, например, декоративные слоистые пластики, водостойкая фанера, древесностружечные и древесноволокнистые плиты и так далее. Фенольные смолы известны своими высокими физико-химическими свойствами, среди которых следует отметить их повышенную водо-, атмосферо- и химическую стойкость. Однако все еще остается нерешенным вопрос их повышенной токсичности и темно-бурой окраски [1–3].

Цель данной работы заключается в получении бесцветных пропиточных фенолоформальдегидных смол.

Для устранения указанных недостатков на стадии синтеза в фенольную смолу вводился катализатор-модификатор К-4, который позволил полностью исключить применение щелочи во время синтеза, которая и приводит к усилению темной окраски. Модифицированная раствором К-4 смола получается абсолютно бесцветной и прозрачной. Кроме того, как показали проведенные исследования, применяемый модификатор эффективно связывает и вредные вещества в олигомере, соответственно, модифицированная смола является менее токсичной, по сравнению с обычными фенольными смолами.

Свойства полученной смолы выглядят следующим образом:

– внешний вид – однородная прозрачная бесцветная низковязкая жидкость;
– pH – 6…7;
– вязкость по ВЗ-4 – 12 с;
– время желатинизации – 68 с;
– время пенетрации – 1 с;
– концентрация – 58 %;
– содержание свободного формальдегида – менее 0,05 %;
– содержание свободного фенола – не более 0,1 %.

С применением модифицированной прозрачной смолы изготавливались бумажно-смоляные пленки. Для получения пленок для ламинирования древесных плитных материалов использовали декоративную бумагу массой 120 г/м^2, а для получения бумажно-слоистого пластика применялась крафт-бумага массой 150 г/м^2. У полученных бумажно-смоляных пленок определялись их основные характеристики, которые соответствовали всем необходимым критериям.

В рамках данной работы были изготовлены образцы ламинированной древесноволокнистой плиты и бумажно-слоистого пластика.

Результаты оценки качества поверхности ламинированной плиты показали, что полученное покрытие является стойким к воздействию горячего пара (без изменения внешнего вида и без отслоения), успешно выдержало кислотный тест, воздействие щелочи и показало стойкость к царапанию.

Полученный бумажно-слоистый пластик обладает повышенными физико-механическими свойствами (твердость декоративного покрытия – 3,5 Н; предел прочности при статическом изгибе – 140 МПа; ударная прочность поверхности – без трещин и расслоения), показал стойкость к кипячению, стабильность линейных размеров, стойкость к загрязнению веществами бытового и хозяйственного назначения. В результате проведенных испытаний внешний вид пластика не изменился, его целостность также нарушена не была.

Следовательно, полученная модифицированная фенолоформальдегидная смола показала свою эффективность в качестве пропиточной, благодаря свойствам и внешнему виду, она вполне способна составить достойную конкуренцию пропиточным меламиноформальдегидным смолам, себестоимость которых из-за применяемого меламина заметно превышает себестоимость фенольных смол.

Таким образом, на данном этапе цель и задачи данной научно-исследовательской работы можно считать достигнутыми.

Список литературы

1. Мачнева О.П., Екимова М.Ю., Виклов Р.И., Дюжаков Д.С. Пропиточные смолы для производства ламинированных древесностружечных плит // Научно-техническая конференция МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: тезисы докладов (Мытищи, 01-30 июня 2017 года). Мытищи: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-инновационный центр», 2017. С. 144–146.
2. Цветков В.Е., Цветкова Н.Н., Приорова С.В. и др. Патент № 2547749 С2. Российская Федерация, МПК C08L 61/28. Способ изготовления клея для производства водостойкой фанеры: № 2013119164/05: заявл. 25.04.2013: опубл. 10.04.2015.
3. Цветков В.Е., Зуева М.Ю., Мачнева О.П. и др. Патент № 2527524 С1. Российская Федерация, МПК B27N 3/02. Способ изготовления нетоксичных древесно-стружечных плит: № 2013119166/13: заявл. 25.04.2013: опубл. 10.09.2014.

УДК 678.6

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Чернушевич Д.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
mitya-sp16@yandex.ru
Научный руководитель: Никитин А.А., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Цель работы – оценить влияние технологических параметров на деформационную прочность плит, полученных на основе древесно-полимерных композитов (ДПКт).

На первом этапе работы был проведен контроль качественных характеристик используемого сырья: связующего – полиэтилена высокого давления (ПЭВД) в виде порошка, полученного при измельчении полимерных гранул в мельнице сухого размола и наполнителя в виде резанной стружки, изготовленной в производственных условиях на стружечном станке ДС-7.

Использование мелкодисперсного порошка полимера позволило обеспечить при изготовлении древесных плит его равномерное распределение в объеме формируемого материала [1].

При подготовке наполнителя (древесной стружки) проводилось её разделение на отдельные фракции с использованием лабораторного вибропросеивающего устройства. Для выделенных фракций были определены средние размеры древесных частиц и их удельная поверхность. В работе использовались древесные частицы, применяемые в производстве древесно-стружечных плит для формирования внутреннего и наружных слоёв плит.

Плитные материалы в лабораторных условиях изготавливались по технологии двухстадийного «горяче-холодного» прессования, общая продолжительность процесса прессования составляла 10 мин. Прессование (термоактивация) на первой стадии проводилась при температуре 180 °С и давлении 2,5 МПа. На втором этапе плиты охлаждались в прессе до температуры 40…45 °С. Прессование осуществлялось с использованием дистанционных планок. Выбор режимных параметров прессования осуществлен после анализа результатов ранее выполненных исследований [2, 3].

Эксперимент был реализован по плану 2^2 с учетом звездных точек. Варьируемые факторы – расход ПЭВД (10, 20 и 30 %) и плотность плиты (750, 850 и 950 кг/м^3).

Была проведена сравнительная оценка физико-механических свойств полученных плитных материалов разной плотности, изготовленных с использованием древесной стружки разных фракций 2/1, 7/5 и 5/3.

Установлено, что при увеличении расхода термопластичного связующего более 20 %, при использовании в качестве наполнителя мелкодисперсных древесных частиц, наблюдается существенное снижение прочности получаемых плит. Для плит, полученных с использованием в качестве наполнителя крупных древесных частиц, увеличение расхода ПЭВД влияет на прочностные характеристики плит в меньшей степени.

Деформационную прочность полученных лабораторных образцов плит оценивали на консистометре Хепплера с использованием индентора в виде шара диаметром 18 мм, нагружение проводилось по пласти образцов. Проводилась оценка величины деформации при длительном нагружении (фиксированная нагрузка – 12, 15 и 42 кГс), а также при динамическом нагружении образцов.

Характер деформации образцов под нагрузкой схожий, но скорость деформации существенно выше для образцов, полученных при использовании мелкодисперсного древесного наполнителя, что особенно наглядно проявляется при больших приложенных нагрузках.

Можно сделать вывод о том, что прочность на изгиб в значительной степени зависит от типа используемого наполнителя (древесной стружки), плотности материала и содержания термопластичного связующего, в то время как долговременная прочность зависит от ползучести полимерной матрицы под действием напряжения сдвига, возникающего на границе раздела древесных частиц и матрицы.

Установлено, что при изготовлении плит с использование термопластичного связующего можно получить материалы с высокими прочностными характеристиками.

Повысить длительную прочность плит полученных с использованием термопластов можно несколькими способами: оптимизировав состав композиции и структуру формируемого материала, использованием в составе плитного материала термопластов инженерно-технического назначения, которые характеризуются более высокими физико-механическими характеристиками.

Список литературы

1. Тришин С.П., Никитин А.А. Изучение технологии получения древесно-стружечных плит на порошкообразном связующем. // Технология и оборудование для переработки древесины: науч. тр. М.: ФБГОУ ВПО МГУЛ, 2015. В. 377. С. 106–113.

2. Никитин А.А. Отработка технологии получения древесно-стружечных плит с использованием термопластичного связующего. // В сборнике: Производство и экология. Эффективный симбиоз. : Материалы XI Международной конференции фанерных и плитных предприятий России и стран СНГ. С-П.: Научно-производственное объединение ЦНИИФ. 2018. С. 30–32.
3. Никитин А.А., Бондарев А.В. Использование термопластичных полимеров в производстве древесных плит. // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2020 г. (Мытищи, 01–03 февраля 2021 года): сборник тезисов докладов. – Красноярск: КрасГАУ. 2021. С. 123–125.

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ОБОРУДОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВ»

УДК 519.876.5

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИМЕРА

Большаков И.М., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Маркин Е.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
Нефедова Ю.Б., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
julianefbor292@mail.ru
Научный руководитель: Усачев М.С., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Молекулярная масса является важным параметром при исследовании физико-химических свойств высокомолекулярных соединений (ВМС). При разработке нового полимерного материала или изучении уже существующего наиболее значимым фактором успешных испытаний является точность обработки экспериментальных данных. Для достижения этой цели данные обрабатываются вручную или с помощью простых инструментов математических вычислений, таких как Mathcad или Excel. Однако для анализа полученных результатов, например, при расчете молекулярной массы полимера, требуется использование большого объема табличных данных, которые, как правило, не имеют прямых закономерностей и выбираются исходя из контекста эксперимента [1]. Соответственно, такой подход влечет за собой (обуславливает) множество погрешностей вычислений, неточность конечных результатов и низкую скорость обработки данных.

Решением данной проблемы выступает внедрение компьютерного моделирования, в программу которого включен алгоритм расчета требуемых величин. В качестве продукта компьютерного моделирования разработана виртуальная лаборатория. Её преимуществами являются многократность повторений и отсутствие необходимости в сложном оборудовании и дорогостоящих компонентах. Кроме того, такой способ дает возможность ознакомления с существующими методами и интерпретации процессов, недоступных для реализации. Также одним из инструментов виртуальной лаборатории является создание красочной и наглядной визуализации. Помимо всех вышеперечисленных преимуществ виртуальные лаборатории обладают следующими недостатками. Труднодоступные среды для программирования, централизованная модель разработки, платная основа программного обеспечения значительно осложняют процесс создания виртуальной лаборатории. Также при частом использовании виртуальных лабораторий, исследователи могут столкнуться с отсутствием навыков работы с конкретным оборудованием, что может негативно отразиться на их деятельности в дальнейшем.

Разработанная на базе языка программирования Python виртуальная лаборатория является компьютерной моделью процесса исследования молекулярной массы полимера методом вискозиметрии [2]. Данный метод позволяет рассчитать относительную и характеристическую вязкости по времени истечения раствора полимера и времени истечения растворителя. На основе этих вычислений рассчитывается молекулярная масса полимера с

использованием таких табличных значений, как константа, характерная для требуемой системы «полимер – растворитель», и константа, учитывающая степень свернутости макромолекулы в растворе. В основе программы лежит линейный алгоритм поочередного выбора параметров эксперимента: полимера, соответствующего растворителя и температуры компонентов. Далее вводятся значения времени истечения раствора полимера и растворителя в соответствующие окна ввода. Команда «Рассчитать» запускает класс калькулятора, который рассчитывает по заданным формулам, введенным данным и соответствующим им константам относительную и характеристическую вязкости, а также молекулярную массу полимера.

Процесс вычисления этих величин включает в себя следующие стадии. В первую очередь расчет среднего арифметического времени истечения раствора полимера и растворителя. Далее следует процесс вычисления относительной вязкости, экстраполированное значение которой позволяет определить по таблице значений произведения характеристической вязкости на концентрацию это произведение. Следующая стадия – это расчет характеристической вязкости по полученному произведению и рассчитанной концентрации полимера. И в заключение программа подбирает требуемые константы для выбранного полимера из базы данных и вычисляет молекулярную массу. Все вычисленные значения выводятся ниже с указанными размерностями.

Немаловажной частью виртуальной лаборатории является её визуальное оформление. Для создания графического интерфейса была использована библиотека пользовательского интерфейса Custom Tkinkter, поддерживаемая на большинстве операционных систем. Данные о полимерах, соответствующих им растворителях и температурах, объёмах навесок и константах внесены в таблицы Excel, что делает их доступными для редактирования и расширения возможного списка исследуемых веществ. Для обработки этих данных была использована библиотека Pandas.

Созданная имитационная модель процесса исследования молекулярной массы подходит как для изучения данного процесса студентами непрофильных специальностей, так и для ускоренной и точной обработки данных натурного эксперимента.

Список литературы

1. Столярова В.А., Машляковский Л.Н., Афанасьев А.В. Определение молекулярной массы олигомеров и полимеров : методические указания пособие. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1988. 36 с.
2. Радковский С.А., Диков А.О. Создание виртуальных лабораторных работ с использованием Python библиотеки Streamlit // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. Донецк : Донецкий институт железнодорожного транспорта. 2023. С. 40-50.

УДК 681.518

АВТОНОМНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

Гнатив М.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
matvey.gnativ@gmail.com
Научный руководитель: Сиротов А.В., д.т.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Определение ветровой нагрузки в конкретном месте может играть важную роль при решении многих задач, например, в сельском хозяйстве при проектировании и установке теплиц, в строительстве при выборе мест установки высотных кранов и т.п. Задачи оценки

ветроэнергетического потенциала определенной точки на конкретной местности приобретает особую актуальность при решении вопроса установки компактных ветрогенераторов, например, по периметру крыш складов и сельскохозяйственных построек, расположенных на открытой территории. При наличии существенного ветроэнергетического потенциала это может стать экономически выгодным.

Разработана конструкция портативной автономной метеостанции, позволяющей определять, регистрировать, обрабатывать и передавать метеоданные (направление, силу ветра, температуру, влажность и давление). Предлагаемое устройство имеет измерительную часть с набором датчиков, модуль SD-карты для сохранения данных и дисплей. Автономность обеспечивается использованием аккумулятора, заряжающегося от ветрогенератора и четырех солнечных панелей, которые закреплены на верхнем корпусе устройства. Винт ветрогенератора спроектирован по модели Савониуса, в виде двух полуокружностей. Эта модель имеет максимум коэффициента использования ветра. Трехфазный генератор находится в нижнем корпусе и имеет максимальную мощность 15 Вт. Солнечные панели также могут генерировать до 3,2 Вт каждая.

Скорость ветра измеряется с помощью оптического датчика скорости вращения вала. В верхней части установки находится флюгер. На самом валу закреплена шайба с множеством отверстий, равномерно расположенных по окружности вала. Когда датчик проходит по пустоте, на его выходы подается логическая «единица», а когда между датчиками есть материал, на выходе образуется логический «ноль». Затем, зная количество таких импульсов в секунду и используя известную формулу, можно узнать скорость ветра. В нижней части вала установлен неодимовый магнит, а под ним на основании устройства расположена герконовая матрица из восьми герконов, распределенных по окружности равномерно. Когда ветер поворачивает флюгер, магнит замыкает определенный геркон. Каждый геркон имеет свой номер: 0 – это север, 1 – это северо-запад, 2 – это запад и т.д. и так до 7 – северо-восток. Сами герконы подключены к микросхеме дешифратора, которая переводит номер геркона из десятеричной системы, в двоичную. Например, если замкнули геркон 3 (юго-западный), то дешифратор выдаст 011. Это нужно для уменьшения требуемого количества точек подключения к контроллеру с 8 до 3. Данные передаются на микроконтроллер, который обрабатывает полученную информацию. Сами данные выводятся на дисплей, но их можно так же записывать на SD-карту в виде таблицы в формате Excel.

Температура, влажность и давление измеряются с помощью датчиков серии BME280 [1], расположенных в нижней части установки. Эти датчики отличаются наличием гигрометра, что позволяет измерять относительную влажность воздуха и создавать на их основе портативные метеостанции. Там же установлен микроконтроллер ESP32 [2], предназначенный для обработки поступающей информации и представляющий собой высокоинтегрированный, совмещённый (Wi-Fi + Bluetooth) чип, выполненный для решений, требующих минимальных показателей энергопотребления.

Разработанная автономная метеостанция сочетает в себе простоту конструкции и экономическую эффективность. Её двухмодульная конструкция с использованием стандартных компонентов обеспечивает низкую себестоимость производства, делая её доступной для широкого круга пользователей при сохранённом функционале, а её автономность позволяет вести наблюдения и получать необходимые данные даже в местах, где отсутствует централизованное электроснабжение.

Список литературы

1. Датчик атмосферного давления, влажности и температуры. URL: https://3d-diy.ru (Дата обращения 01.04.2025).
2. Описание микроконтроллера ESP32. URL: https:// micpic.ru›home/proekty-na-esp32/194-opisanie (Дата обращения 01.04.2025).

УДК 674/049

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Досов Э.В., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
dosov.ed@yandex.ru
Научный руководитель: Пеньков И.В., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Современное автоматизированное оборудования для термообработки древесины имеет множество вариантов, зависящих от многих параметров: технологии, сырья, конечной продукции и объема производства. Анализ оборудования и создание усредненной модели камеры для термообработки позволит выявить конкретные недостатки в процессе работы и в дальнейшем выработать шаги для их устранения.

Существует несколько методов термообработки древесины.

1. Применение агрегата автоклавного типа, с индукционным нагревом. К такому относится термокамера для термообработки и сушки древесины серии «КИТ» производства компании ТЕРМОЛЕСПРОМ. Система управления построена на базе микропроцессорных контроллеров Owen. Сбор данных происходит за счет датчиков температуры, давления, манометра. Управление нагревательными элементами в виде ТЭНов, системы инжекционного продува штабеля, клапаном механического сброса отработавшего пара автоматизировано [1].
2. Создание вакуума и электрического поля под действием токов высокой частоты (ТВЧ), как, например, в вакуумной сушильной камере ТВЧ VACUUM-E. Помимо стандартных компонентов, система управления регулирует работу ТВЧ-генератора, вакуумного насоса, электропривода загрузки штабеля, системы охлаждения с пароотделителем и системой слива жидкости [2].
3. Регулировка температуры осуществляется путем контроля давления в системе подачи теплоносителя (термомасла) на нагревательные пластины [3]. Контроль и управление процессами термообработки древесного материала автоматизированы и завязаны на ПЛК. Устройство содержит датчики вакуума, контроля температуры, давления, влажности. В случае возникновения аварии баллон с углекислым газом, аргоном или азотом через связанный с контроллером электроклапан подает газ в камеру, предотвращая попадание поддерживающего горение кислорода к нагретой до температуры выше точки самовоспламенения древесине.

Анализируя представленные выше оборудование для термообработки древесины, можно составить следующую общую схему компоновки термокамеры:

1) система управления (устройства записи параметров процесса и последующего анализа для выработки управляющих сигналов);
2) управление системой создания вакуума;
3) датчики (устройства, которые отслеживают уровень давление, температуру и влажность и передают данные в систему управления для регулировки процесса);
4) управление нагревательными элементами;
5) системы циркуляции и охлаждения;
6) управление дополнительными механизмами (механизмы для работы с отработанным паром, аварийные системы, клапаны и механизмы сброса давления).

Несмотря на то, что подобная схема включает все необходимые для производства термодоски компоненты и устройства, выделяются проблемы, которые могут повлиять на эффективность работы и качество конечного продукта:

– утечки вакуума, связанные с потерей герметичности в камере в результате износа или повреждения оборудования. При этом не все регистрирующее оборудование способно оперативно и с достаточной точностью зафиксировать нарушения давления;

– неравномерный нагрев, который может быть вызван неправильным регулированием или повреждением, как нагревающего оборудования, так и системы управления. Если теплообменники или нагревательные элементы не работают должным образом, это может привести к неравномерному нагреву древесины, что, в свою очередь, может вызвать деформацию или повреждение материала.

– аварийные ситуации, которые могут быть следствием, как вышеописанных проблем, так и иных экстренных случаев.

Для устранения данных недостатков можно применить различные технические решения, например, чтобы не допустить утечек вакуума, можно установить в камере датчики абсолютного давления или ионизационные датчики давления, способные регистрировать малейшие изменения давления и с высокой скоростью передавать эту информацию на контроллер. Для управления нагревом можно применить ПИД-регулирование (как программное через контроллер, так и в виде отдельных блоков) и настроить его таким образом, чтобы обеспечить эффективную работу теплообменников или нагревательных элементов. Снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций поможет резервирование оборудования и систем, причем для этого можно использовать не только идентичные компоненты, но и подобрать их по нужным характеристикам, основываясь на экономической целесообразности. Включение этих решений в общую компоновку камер для термообработки позволит повысить качество производства, продлит срок службы оборудования и снизит вероятность возникновения несчастных случаев.

Список литературы

1. Термокамеры для термообработки и сушки древесины // ТЕРМОЛЕСПРОМ. URL: https://termolesprom.ru/termokamery-dlya-termoobrabotki-drevesiny/?ysclid=m9mhd10b4i314237014 (Дата обращения 12.04.2025).
2. Вакуумные сушильные камеры ТВЧ VACUUM-E // Kami. URL: https://www.stanki.ru/catalog/vakuumnye_sushilnye_kamery/vakuumnye_kamery_tvch_mod_vacuum_e/ (Дата обращения 12.04.2025).
3. Лыков П.В. Патент № RU 2694109 C1. Устройство для термической обработки древесины : №2018136960 : заявл. 20.10.2018 :опубл. 09.07.2019. 16 с.

УДК 519.876.5

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ДЕТАЛИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НА УЧАСТКЕ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Еремин М.С., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
mike.eryomin@yandex.ru
Научный руководитель: Усачев М.С., к.т.н., доцент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Древесина востребованный материал, но прежде чем ее использовать в виде пиломатериала, она подвергается предварительной сортировке. От качества и способов выполнения сортировки зависит качество готового материала и дальнейшее его целевое использование. При пересортировке возникает вопрос детализированного учета параметров пиломатериалов. Необходимо определить сорта в соответствии с ГОСТом по количественным

и качественным характеристикам досок. Для этих операций необходимо разработать алгоритм детализированного учета параметров пиломатериалов.

В соответствии с ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» проведен анализ параметров сортировки пиломатериалов. В результате определены качественные и размерные параметры сырья, определена приоритетность параметров пиломатериалов [1].

Преобладающим видом сортировки является традиционный способ, который основан на визуальном осмотре досок. Пиломатериалы проходят по контрольной линии, где оператор без контрольно-измерительных приборов проводит их осмотр и выявляет такие явные дефекты по пласти как обзол, трещины, сучки. Специалист «на глаз» определяет дефекты и распределяет пиломатериал по группам [2,3] .

Второй метод сортировки – при помощи систем оптического сканирования на основе технологий машинного зрения. Большинство систем оптического сканирования пиломатериалов оборудованы лазерными датчиками и системой камер с высоким разрешением. Оборудование устанавливается над сортировочным транспортёром на рампе или сбоку от него. Камеры расположены под наклоном к конвейеру. Данное решение позволяет обеспечить наилучший результат сканирования дефектов. Важную роль играет освещение. При использовании различных типов источников света и расположения их с разных сторон от камер, появляется возможность выявить даже слабозаметные дефекты пиломатериалов.

В соответствии с ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» разработан алгоритм детализированного учета параметров на участке сортировки пиломатериалов. Созданный алгоритм имеет преимущества, так как основан на оптимальном определении приоритета параметров при сортировке. Наивысший приоритет будут иметь параметры, отвечающие за наличие или отсутствия дефекта.

Для реализации разработанного алгоритма планируется разработать нейронную сеть для обработки изображений пиломатериалов. Для полноценной работы нейронной сети необходима определенная база данных. Система должна содержать информацию обо всех учитываемых параметрах сортировки. В конечном результате обработки данных нейронная сеть определяет соответствие сканируемых досок тому или иному сорту пиломатериала.

Нейронная сеть состоит из нескольких уровней нейронов. Каждый нейрон обладает определённым весом и смещением. В ходе обучения сеть настраивает эти значения с целью уменьшения ошибки на выходе.

Обучение нейронной сети происходит с учителем (Supervised Learning). Наставник подаёт на вход нейросети большую выборку обучающих примеров с заранее известным ответом.

Представленные на рынке алгоритмы определения пороков по пласти чаще всего определяют качественные параметры в полном объеме, что увеличивает вычислительную нагрузку и время определения.

Предлагаемый алгоритм позволяет упорядочить определение видимых пороков по приоритету, что увеличивает скорость, качество сортировки и повышает производительность сканирования.

Список литературы

1. ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправкой). Применяется с 01.01.1988 взамен ГОСТ 8486-66. М.: Госкомитета СССР по стандартам, 1986. 9 с.

2. Дорошенко В.А. Синтез технологической структуры автоматизированных технологических процессов первичной обработки древесины. Красноярск : КГТА, 1996. 298 с.

3. Дорошенко В.А., Усачев М.С. Структурный синтез процессорных средств для измерения размеров объектов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 4. С. 136–140.

УДК 681.5

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОДАТЧИКОВ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА НА ЛИСТОГИБОЧНЫХ ПРЕССАХ

Левашова А.А., студент
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»
levashovaaa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Пеньков И.В., ст. преподаватель
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии и садово-парковое строительство»

Современное производство в металлообрабатывающей промышленности предъявляет высокие требования к точности и качеству выпускаемой продукции. Одним из ключевых этапов обработки листового металла является гибка на листогибочных прессах, где малейшие отклонения от заданных параметров могут привести к значительным потерям качества и увеличению производственных издержек.

Работа листогибочного пресса с ЧПУ начинается с создания программы гибки. Программа гибки содержит информацию о том, как должен изгибаться листовой металл, включая угол загиба, длину загиба и другие параметры.

Важно рассмотреть основные проблемы, влияющие на точность гибки в листогибочном прессе:

– неоднородность листового металла. Различия в толщине, твердости и пластичности листа могут привести к неравномерной гибке и возникновению дефектов;

– обратное пружинение**.** Этот фактор существенно влияет на конечный результат гибки. При деформации нижняя сторона листа испытывает растяжение, в то время как верхняя сжимается. Между зонами сжатия и растяжения располагается «средняя линия», где происходит лишь упругая деформация. В этом положении материал стремится вернуться в исходное состояние, что приводит к «распрямлению» листового металла после снятия нагрузки, увеличивая угол гибки;

– неправильная настройка оборудования. Ошибки в настройках могут привести к повреждению пуансона и матрицы;

– поверхностные дефекты оснастки**.** На пуансонах и матрицах, на которых скапливается пыль, необходимо проводить регулярную очистку.

Все вышеперечисленные факторы способствуют избыточному износу оборудования.

Для обеспечения мониторинга состояния оснастки планируется установить видеодатчик. На задней стороне матрицы будет смонтировано устройство перемещения – реечная передача, на которую крепится видеодатчик. После завершения рабочего цикла, когда верхняя балка возвращается в исходное положение, датчик перемещается вдоль матрицы с помощью реечной передачи, что позволяет сканировать матрицу на предмет износа и наличия посторонних материалов. Эти устройства интегрируются в электросхему станка.

Во время работы станка, после подъема верхней балки, необходимо проверить состояние матрицы после гибки. В этот момент видеодатчик проводит сканирование поверхности матрицы и формирует отчет о ее состоянии.

Комплекс оптического сканирования состояния оснастки определяет все виды поверхностных дефектов металла. Сигналы от датчика обрабатываются с помощью специализированного программного обеспечения, оснащённого системой машинного зрения,

и таким образом фиксируя состояние оснастки в режиме реального времени. Это включает контроль износа, деформаций, смещений, отклонений от нормы и других факторов, влияющих на качество обработки металла. Система искусственного интеллекта способна распознавать мельчайшие изменения, которые сложно заметить человеческому глазу.

Основными базовыми документами для работы системы машинного зрения служат ГОСТ 21014-2022 «Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения» [1].

Преимущества данной системы машинного зрения.

1. Искусственный интеллект может автоматически обнаруживать трещины, сколы, деформации или другие повреждения оснастки и сразу же сигнализирует оператору или останавливает процесс до устранения проблемы.

2. Система может отслеживать постепенный износ пуансона и матрицы, и заранее рекомендовать замену ещё до критического момента.

3. Точность измерений. Человеческий глаз ограничен в возможностях измерения углов, расстояний и других геометрических характеристик.

4. Минимизация влияния человеческого фактора. Люди склонны к ошибкам, вызванным невнимательностью, недостатком опыта или усталостью.

Данный метод предлагает решение ключевых проблем, негативно влияющих на процесс гибки. С учетом современных технологий, а также наличия видеодатчиков, реализация данной системы представляется возможной.

Список литературы

1. ГОСТ 21014-2022 «Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения». М.: Российский институт стандартизации, 2022. 98 с.

РАЗДЕЛ «РОБОТОТЕХНИКА И КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ»

СЕКЦИЯ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

УДК 004. 896

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РОБОТ-КОНДИТЕР «КОНДИБОТ»

Афанасьев В.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
gaikabmstu@gmail.com
Постолов А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
55starley55@gmail.com
Фокин В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
fkn.vlr@gmail.com
Научный руководитель: Юренкова Л.Р., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
romanovna@bmstu.ru

«Мы то, что мы едим»
Гиппократ – древнегреческий врач и философ

Разработанный авторами робот-кондитер предназначен для установки в различных местах, например, в торговых центрах, офисах и пр. в качестве вендингового автомата. В настоящее время известны подобные автоматы, например, Блиндозер и Пиццемат [1].

Авторы представленного проекта разработали конструкцию автономного робота-кондитера, способного создавать на заказ торты из имеющихся ингредиентов: готовые коржи и различные добавки. Робот должен формировать торты с заданным количеством слоев с индивидуальными начинками для каждого слоя и рисунком на верхнем корже [2].

Задачи проекта:

- выбрать необходимое оборудование и ПО;
- разработать 3d-модель конструкции в САПР;
- продумать дизайн, инженерную схему и электронные компоненты.

Робот-кондитер автоматически собирает торты, используя системы приёма заказов, нанесения начинок и узоров, а также перемещения и хранения компонентов.

Основная функция устройства – быстрое приготовление тортов по индивидуальному заказу. При создании представляемого оригинального робота-кондитера использовался планшет- Android с приложением и локальной точкой доступа для приёма заказов с беспроводным управлением). Он соответствует промышленным стандартам (ГОСТ 3916.1-2018), позволяет дистанционно настраивать параметры, менять маркеры для узоров, и имеет несколько степеней свободы. Компактность, автоматизация, интерактивное управление через мобильное устройство и минимизация участия человека обеспечивают индивидуальные заказы и уникальный пользовательский опыт.

Робот изготовлен из берёзовой фанеры и PETG-пластика, с использованием фрезерного станка.

Основные компоненты предлагаемого робота:

- электронные компоненты: плата ESP32 DevKit v1 (интегрированный Wi-Fi), Bluetooth, Arduino Uno + CNC Shield v3., сервоприводы MG996R**,** Android Studio + Kotlin; программа Компас 3D, EasyEDA, Universal Gcode Sender, Arduino IDE, Thonny + MicroPython;

- **механические компоненты**: перистальтические насосы, обеспечивающие точную дозировку при работе с жидкостями высокой вязкости; шаговые двигатели Nema17HS4401 для точного позиционирования и простоты управления.

Драйвер A4988 использован для плавного старта и остановки подвижных частей.

Список литературы

1. Печерский Д.К., Забенкова Н. А. Робототехнические системы в пищевой промышленности. М.: Молодой ученый. № 6. С. 29-31. URL: https://moluch.ru/archive/348/78415/ (Дата обращения 29.03.2024).
2. Лашина Т.С., Фокин В.А. КондиБот. Робот-кондитер // Педагогический альманах. 2024. № 13. С. 353-379.

УДК. 62.5

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ ОТ ДЕМОКРИТА ДО МОНЖА

Вострикова П.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинские технологии»
Галактионова К.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
Елашкин К.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинские технологии»
Научный руководитель: Юренкова Л.Р., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Современные школы оснащены всем необходимым для использования информационных технологий в обучении. Программы 3D моделирования в стереометрии помогают в учебе, повышают интерес к предмету и, следовательно, к профессии инженера. Материал статьи убедительно доказывает, что хорошее знание стереометрии необходимо как при получении инженерного образования, так и в дальнейшей профессиональной деятельности.

Считается, что Архимед заложил основы интегрального исчисления. В качестве примера математики ссылаются на его труд «О методе», в котором впервые появился термин «бесконечно малые величины». Правда, Архимед утверждал, что первым был Демокрит – вот пример удивительной порядочности в науке.

В своей работе Архимед приводит пример с двумя пересекающимися цилиндрами. В учебнике по стереометрии [1] приведена задача, соответствующая этому примеру:

«Два равных цилиндра, высота которых больше их диаметров, расположены так, что их оси пересекаются под прямым углом, а точка пересечения осей равноудалена от оснований цилиндров.

Найдите объем общей части этих цилиндров, если радиус каждого из них равен 1 см».

В математике принято называть эту задачу «старинная задача Архимеда». Следует заметить, что в курсе «Начертательной геометрии» рассматривается эта задача, но для построения линии пересечения цилиндрических поверхностей [2]. Учащиеся определяют объем общей части двух цилиндров с помощью определенного интеграла, рассматривая сечения цилиндров плоскостями, параллельными их осям, с использованием бесконечно малых величин. Геометрическую форму фигуры, представляющей объем общей части, представить непросто. На помощь приходит программа электронного моделирования «Компас-3D, с помощью которой авторы построили фигуру, представляющую собой общую часть двух рассматриваемых цилиндров. Линии пересечения цилиндрических поверхностей

представляют собой два эллипса, что доказано французским математиком Г. Монжем (1746-1818).

Авторы выполнили построение электронной модели двух цилиндров с линиями пересечения их боковых поверхностей.

Список литературы

1. Атанасян Л.С. и др. Геометрия: Учебник для 10-11 классов. М.: «Просвещение» 2013. 255 с.
2. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М.: Машиностроение, 1983. 240 с.

УДК 621-833

ПРИМЕНЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ТЕХНИКЕ

Ковалинская С.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
kovalinskysophy@gmail.com
Рамазанов Э.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
ramazanoff06@yandex.ru
Редичкин Я.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
artyande@gmail.com
Научный руководитель: Рябов В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Конические поверхности являются одними из фундаментальных геометрических форм, встречающихся как в природе (геологические конусы выноса, биологические конусы нарастания), так и в различных артефактах. Однако наибольшее распространение и многообразие применения конические поверхности нашли в технике благодаря своим уникальным свойствам: способности к самоцентрированию, возможности создания плотного соединения, обеспечению плавного изменения сечения и способности передавать значительные нагрузки.

В машиностроении конические поверхности формируются различными методами механической обработки, в частности, точением на токарных станках. Обозначение таких поверхностей на чертежах и их параметры регламентируются стандартами, например, Государственным стандартом ГОСТ 8593-81[1], который определяет понятие конусности как отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними.

Полости конусообразных изделий создаются путем зенкерования и развертки. Данные методики дают возможность получить отверстия диаметрами высокой точности. С целью формирования дыр в сплошном металле используют сверла малого диаметра для нанесения разметки. После чего применяют зенкер или сверлильную ступенчатую установку. Конические изделия большой длины обрабатывают путем смещения корпуса задней бабки. В этой процедуре резец двигается диаметрально по вертящейся заготовке с применением механического воздействия. Угол наклона конического изделия совпадает с наклонением резцового инструмента. Способы обработки конических поверхностей широкими режущими инструментами токарного оснащения основаны на движении кромок вдоль и поперек диаметра детали.

Практическое применение конических поверхностей в технике чрезвычайно разнообразно. Фаски, представляющие собой небольшие конические поверхности на краях деталей, облегчают сборку, направляя вал в отверстие или резьбовую деталь. Конические

резьбы широко используются в трубопроводных соединениях для обеспечения герметичности за счет плотного прилегания витков при свинчивании.

Одним из важных примеров использования является инструментальный конус Морзе, применяемый для крепления инструментов в станочном шпинделе, обеспечивается точное центрирование, надежная фиксация и возможность быстрой замены инструмента.

Центровые отверстия по ГОСТ 14034-74 [2] с конической поверхностью служат для повышения жесткости установки длинных заготовок на токарном станке, обеспечивают точность обработки.

Конические посадочные отверстия подшипников качения в сочетании с закрепительными или стяжными втулками позволяют регулировать радиальный зазор и обеспечивают надежную фиксацию подшипника на валу, особенно в условиях вибрации. Конические роликоподшипники способны воспринимать комбинированные радиальные и осевые нагрузки.

Конические поверхности являются неотъемлемой частью многих механизмов и соединений: конические штифты используются для точной фиксации деталей относительно друг друга; конические зубчатые передачи применяются для передачи вращения между пересекающимися валами (например, в дифференциалах автомобилей и редукторах вертолетов); запорные краны часто имеют коническую пробку для перекрытия потока среды; конические фрикционные передачи и муфты используют силу трения на конических поверхностях. Конусные втулки типа тейпербуш и тейперлок с конической поверхностью обеспечивают быстрое и надежное крепление на цилиндрических участках валов клиноременных шкивов и звездочек цепных передач с обеспечением передачи крутящего момента через шпонку на цилиндрическом участке вала [3].

Можно сделать вывод, что конические поверхности имеют большое значение в различных областях техники, обеспечивают функциональность, точность, надежность и технологичность конструкций. Изучение свойств и вариантов применения конических поверхностей является важной частью подготовки инженеров.

Список литературы

1. ГОСТ 8593-81. Конусность и углы конусов. Основные размеры. М.: ИС «МЕГАНОРМ». 4 с.
2. ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры. М.: ИС «МЕГАНОРМ». 7 с.
3. Гранкин М.Г. Практический справочник по выбору деталей машин. М.: Феникс, 2011. 512 с.

УДК 539.1.074; 543.42.062

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ГАММА-НЕЙТРОННОГО СПЕКТРОМЕТРА-ДОЗИМЕТРА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Левент Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
dlevent@list.ru
Научный руководитель: Куропаткина О.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Разработанный гамма-нейтронный спектрометр-дозиметр предназначен для измерения спектров гамма и нейтронного излучений в широких диапазонах энергий (Нейтронное излучение: 0,001 эВ – 20 МэВ; Гамма-излучение: 0,03 – 3 МэВ) и вычисления мощности дозы по измеренным спектрам [1].

В основе работы прибора лежит сцинтилляционный метод регистрации ионизирующего излучения. Для обеспечения чувствительности спектрометра к столь

большому энергетическому диапазону нейтронного излучения применяется несколько полистирольных детекторов с различными спектральными характеристиками [2]. Варьирование спектральных характеристик осуществляется при помощи изменения толщины детекторов, внесения добавок B-10 а также благодаря применению метода многопороговой амплитудной дискриминации.

Сцинтилляционные вспышки детекторов регистрируются матрицей из лавинных фотодиодов. Импульс тока с матрицы преобразуется в импульс напряжения, который проходит несколько усилительных каскадов и обрабатывается входными портами микроконтроллера. Восстановление спектра нейтронного излучения, в отличие от спектра гамма-излучения, производится при помощи специально созданной и обученной нейронной сети на внешнем устройстве – компьютер, планшет, сторонний микроконтроллер и т.п.

После теоретической проработки концепта был собран макетный образец спектрометра. Были учеты важнейшие технические требования к конструкции:

- Во избежание засветки фотодиодных матриц, корпус прибора обеспечивает наивысшую степень защиты от внешнего светового излучения;
- Относительное расположение сцинтилляционных детекторов обеспечивает регистрацию наиболее узкой полосы потока гамма-нейтронного излучения;
- Держатель детекторов позволяет производить их быструю замену, что полезно в рамках лабораторных экспериментов.

Макетный образец прошел летные испытания на стратосферном зонде на высотах до 20 км, в рамках которых были проведены исследования гамма-нейтронных полей в соответствующих слоях атмосферы [3]. Помимо этого, были проведены лабораторные испытания спектрометра на нейтронном источнике в НИИЯФ МГУ.

С учетом некоторых замечаний к макетному образцу и на основе технических требований к полезной нагрузке для космических аппаратов формата CubeSat спроектирован рабочий образец прибора. В новой версии была реализована модульная система подключения каналов детектирования к материнской плате, что позволило уменьшить габариты корпусных деталей, упростить процесс отладки прибора, минимизировать взаимное влияние измерительных каналов. Также, в рабочем образце корпус блока детекторов выполнен из алюминия, что вызвано запретом на использование пластмассовых деталей в наноспутниках. В ближайшее время планируется проведение лабораторных испытаний прибора и его подготовка к интеграции в космический аппарат CubeSat.

В будущем, внедрение в конструкцию спектрометра мини-компьютера с экраном и блока аккумуляторов позволит реализовать портативный прибор для применения в сферах, где требуется контроль соответствующих видов ионизирующего излучения: атомные электростанции, силовые агрегаты атомных подводных лодок, таможенное дело.

Список литературы

1. Дрейзин В.Э., Логвинов Д.И., Гримов А.А., Кузьменко А.П. Гамма-нейтронный спектрометр-дозиметр с вычислительным определением мощности дозы по измеренным спектрам смешанного излучения // АНРИ. 2023. № 2 (113). С. 25–33.
2. Дрейзин В.Э., Логвинов Д.И., Гримов А.А., Кузьменко А.П. Формирование и расчёт спектральных характеристик сцинтилляционных нейтронных детекторов // АНРИ. 2022. № 3 (110). С. 21–31.
3. Дрейзин В.Э., Кузьменко А.П., Пиккиев В.А., Левент Д.В. Многодетекторный гамма-нейтронный спектрометр и результаты его макетирования // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2025. Т. 15. № 1. С. 106-122.

УДК 004.94

ЛЕНТА МЁБИУСА

Мосягин Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
dfgh5905@gmail.com
Рогачев Н.С., студент
ronik221@gmail.com
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Шуйдина Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
eshuidina@gmail.com
Научный руководитель: Юренкова Л.Р., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Лента Мёбиуса – это первый геометрический образ односторонней поверхности, созданной немецкими математиками Мебиусом А. и Листингом И. во второй половине XIX века [1]. Так был открыт новый раздел геометрии «Топология», называемой в шутку «резиновой геометрией» и активно развиваемый в последние годы.

В России первым, кто обратил внимание на ленту Мёбиуса, стал выдающийся математик, философ, богослов и инженер Флоренский П.А. После выступления в 1921 году на заседании «Всероссийской Ассоциации Инженеров» с докладом об односторонних поверхностях, он за свои новаторские идеи был подвергнут резкой критике, осужден и расстрелян в 1937 году [2]. Находясь заключении, Павел Александрович продолжал трудиться на благо России как инженер, принося большую пользу Родине.

Достижение немецких математиков, обогативших геометрию новым разделом, использовали современные ученые и инженеры, которые нашли применение ленте Мёбиуса в различных областях науки и техники. Так, например, с появлением в космической технике мощного высокочастотного оборудования в радарах и системах компьютерной связи, была решена проблема гашения реактивного сопротивления в электрических схемах. Эту проблему удалось решить с помощью устройства, имеющего форму ленты Мебиуса и названного «Резистор Мёбиуса» [3].

Современные физики предполагают, что загадка резистора Мёбиуса может быть связана с квантовым парадоксом Эйнштейна-Подольского-Розена, который представляет собой еще более сложную загадку современной физики, нуждающейся в пересмотре. Ученые и инженеры считают, что топологические свойства односторонних поверхностей могут быть полезны в самых различных областях науки и техники, в частности при создании квантовых компьютеров.

В процессе подготовки проекта, посвященного ленте Мёбиуса, авторы создали электронные модели ленты Мёбиуса и ее геометрического аналога - «бутылки Клейна».

Список литературы

1. Möbius A.F. Die Elemente der Mechanik des Himmels: auf neuem Wege ohne Hülfe höherer Rechnungsarten. Leipzig: Weidmann, 1843. 315 с.
2. Флоренский П.А. Мнимости в геометрии. М.: Лазурь, 1922. 96 с.
3. Смирнов Д.А. Односторонние поверхности // Техника – молодёжи. 1965. № 8. С. 27-32.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Скородина М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
skorodinamaya@mail.ru
Научный руководитель: Иванова Н.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Сегодня раскрой используется повсеместно, в том числе для расположения деталей на листах металла, фанеры и прочих материалах. Представим ситуацию: необходимо разместить несколько деталей на листовом материале, при том, необходимо расположить детали максимально компактно, чтобы оставшуюся часть материала можно было использовать в дальнейшем. Итак, если речь идет о нескольких деталях и относительно небольшом полотне, то человек может довольно хорошо справиться с такой задачей. Однако с сотнями разнообразных деталей, различной партионности производства и с большими метражами поверхности, на которой необходимо все разместить вручную не представляется возможным

Здесь формируется задача разработки алгоритмов: расположить будущие детали максимально плотно друг к другу на заданной поверхности [1].

Для нахождения наиболее эффективного алгоритма (с точки зрения соотношения результативность, плотность / трудоемкость, включая время (ресурсы компьютера) были рассмотрены 3 формы практического решения подобного рода задач:

1. Разбиение рассматриваемых проекций на элементарные фигуры.
2. Вписывание рассматриваемых проекций в элементарные фигуры.
3. Случайное размещение проекций без использования затратных алгоритмов.

В результате исследования были выявлены следующие данные:

- Алгоритмы на основе разбиения проекций на элементарные геометрические фигуры (способ триангуляции) показывают себя как результативные (с точки зрения плотности расположения фигур), однако крайне неэффективны с точки зрения ресурсов компьютера
- В алгоритмах на основе идеи вписывания в элементарные результативность зависит от проекции и ее схожести с описываемой фигурой. В среднем же результативность мала, однако стоимость вычислительных ресурсов меньше чем у первого алгоритма.
- Само по себе случайное размещение крайне нерезультативно, однако не затрачивает больших вычислительных ресурсов. В ходе работы было создано 2 алгоритма, последовательно наследующихся от случайного размещения. Последний, основанный на модели стандартного генетического алгоритма, показал себя как результативный и мало затратный с точки зрения вычислительных ресурсов.

В результате проделанной работы был реализован оптимальный алгоритм раскроя листового материала [2].

Список литературы

1. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М.: Инфра М, 2024. 268 с.
2. Доусон М. Программирование на Python. / 7-ое издание. С.-П.: Питер, 2022. 416 с.

СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА»

УДК 62-529

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Антропова И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
wattixo@gmail.com
Научный руководитель: Сащенко Д.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Фармацевтическая промышленность имеет ряд строгих стандартов качества, включая и технологию упаковки. Автоматические линии по подаче и упаковке фармацевтических препаратов обеспечивают высокие требования по безопасности и надежности выпускаемой продукции, повышают скорость и эффективность производства, улучшают контроль качества. В зависимости от выбранных характеристик линии оснащаются различными видами питателей.

При выборе питателя для данной работы основными характеристиками являлись возможность поштучной подачи заготовок, а также простота исполнения и компактность устройства [1]. В качестве оптимального решения был выбран вибрационный питатель.

При подаче на катушку электромагнита переменного тока, посредством изгиба упругих элементов, возвратно-поступательные движение вибратора преобразуются в винтовые колебания чаши. Под действием созданных вибраций изделия начинают перемещаться вверх по спиральной канавке чаши, происходит их первичная ориентация.

Наиболее эффективным режимом движения заготовки является отрывной режим (заготовка некоторую часть цикла движется, не соприкасаясь с лотком) [2]. Наиболее распространённый вариант крепления чаши – направленная подвеска из трёх тангенциально расположенных упругих элементов. Процесс движения заготовки в режимах с отрывом ее от лотка может иметь от двух до пяти этапов на протяжении каждого периода колебания лотка, в качестве оптимального был выбран трехэтапный. Для расчета колебательной системы двухмассовую модель необходимо преобразовать в одномассовую. На каждую из масс действуют периодические силы, равные по модулю и противоположные по направлению. В целях упрощения расчетов диссипативными силами и жесткостью амортизаторов пренебрегаем. Активная и реактивная массы приводятся к точкам крепления.

Расчет параметров работы электромагнита сводится к определению возмущающего усилия вибратора в направлении колебаний и определению мощности электромагнита, необходимой для раскачки чаши бункера. На основе эмпирических формул вычисляются основные и вспомогательные параметры самого электромагнита. Регулировка величины возмущающего усилия осуществляется посредством изменения напряжения посредством симисторного регулятора мощности, действие которого основано на принципе фазового управления. Большинство современных вибрационных питателей работает в околорезонансном режиме, который обеспечивает значительные усилия на рабочем органе при малой возмущающей силе. Вибрационное загрузочное устройство (ВБЗУ) необходимо настраивать на работу на поднимающейся ветви резонансной кривой. Такая настройка системы обеспечивает стабильность работы при различной заполняемости чаши.

Все элементы мехатронного вибробункера: чаша, станина, элементы крепежа магнитов, упругая подвеска рассчитывались и изготавливались посредством аддитивных технологий. Все элементы крепятся с помощью винтов и сплавляемых резьбовых втулок. Использование разъемного крепежа делает всю конструкцию быстросъемной.

Разработанная автоматическая линия (АЛ) включает в себя 3 узла: загрузочный узел (ВБЗУ), транспортный узел, узел укупора. Транспортный узел: транспортер, датчики контроля положения тары и стопперы для нее. Узел укупора: манипулятор с плоскопараллельной

кинематикой, рабочим органом которого является вакуумная присоска. Для управления АЛ было выбрано программируемое реле ПР200. Для синхронизации работы установки организована локальная сеть на основе промышленного протокола Modbus RTU, в которой master-устройством являлся ПК (персональный компьютер), slave-устройством ПР200. Для связи ПК и манипулятора был использован специализированный протокол Dynamixel 1.0.

Спроектированные ВБЗУ и АЛ работают корректно. Учитывая расчетную производительность мехатронного бункера производительность линии составила порядка 3 банок в минуту, при заполняемости тары 10 табл./банка.

Представленная автоматическая линия сводит к минимуму негативное влияние человеческого фактора, по сравнению с ручными методами или менее автоматизированными решениями, производительность линии увеличена на 40-50%. Внедрение вибрационного питателя позволило достичь точной поштучной подачи заготовок, минимизировав риск повреждения таблеток или их неверную фасовку. Компактность и простота исполнения устройства также способствуют снижению эксплуатационных затрат и упрощению обслуживания системы.

Список литературы

1. Бляхеров И.С., Варьяш Г.М., Иванов А.А. Автоматическая загрузка технологических машин: справочник. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
2. Повидайло В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей. Москва: Машгиз, 1962. 151 с.

УДК 539.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНТАЖА КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Беличенко Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
belichenkoda@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гаврюшин С.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

На современных нефтеперерабатывающих предприятиях используются аппараты колонного типа: реакторы гидрокрекинга. Данное оборудование перевозится на место установки и монтируется в собранном состоянии. Масса колонного аппарата может достигать 1600 т, а высота — 50 м. Для монтажа реакторов гидрокрекинга применяются специальные подъемно-транспортные системы, такие, как ENERPAC B-SET. В данной работе проводятся статический и динамический расчеты конструкции системы B-SET.

Для расчетов применяется программа ANSYS Mechanical APDL, основанная на методе конечных элементов. Конструкция подъемно-транспортной системы B-SET имеет сложную геометрию, так как представляет собой множество соединенных балок и профилей. Для снижения требований к вычислительным мощностям применяется метод подконструкций [1]: вместо использования модели из сплошных (solid) конечных элементов, сначала была рассчитана модель из балочных (beam) конечных элементов, после чего было выявлено критическое место. Далее для критического места была создана точная модель из сплошных (solid) конечных элементов, для которой был проведен статический расчет, в котором в качестве граничных условий были наложены перемещениям узлов, полученные из расчета полной балочной модели.

В статическом расчете модели подъемно-транспортной системы, состоящей из балочных элементов Beam188, к части пролетного строения, совокупной длиной 20 м, прикладывалась распределенная нагрузка 785 кН/м, что соответствует удержанию колонного

аппарата массой 1600 т. В качестве материала в полной модели и в подконструкции была задана сталь 40: модуль Юнга $E=2\cdot10^5$ Па, коэффициент Пуассона $\nu=0,3$, плотность $\rho=7800$ кг/м^3. По результатам расчета было выявлено 2 критических места: первое - в основании опор балки испытывают сильное сжатие, величина нормального напряжения достигает 70 МПа, второе — крепление, соединяющее балки пролетного строения, испытывает одновременно изгиб и сжатие. Для расчета по методу подконструкции было выбрано второе критическое место.

Для получения более точных характеристик крепления в пролетном строении была создана модель из сплошных (solid 185) конечных элементов. В качестве граничных условий были наложены перемещения в узлах, полученные из расчета балочной модели. По результатам статического расчета максимальное эквивалентное напряжение по четвертой (энергетической) теории Губера-Мизеса-Генки [2] составило 88,1 МПа.

В соответствии с результатами расчетов полной модели системы и подконструкции, крепления, было выявлено, что подъемно-транспортная система B-SET обладает достаточной прочностью: коэффициент запаса 2,27.

Для исследования прочностных свойств системы B-SET при подъеме колонного аппарата был рассчитан переходный процесс [3]: подъем реактора гидрокрекинга на 0,48 м. К балочной модели была приложена изменяющаяся во времени распределенная нагрузка. Закон изменения движущей силы в зависимости от перемещения представляет собой линейное уменьшение силы от начального положения до точки перегиба, а затем линейное возрастание от точки перегиба до конечного положения: таким образом обеспечены возможность начала движения и безударный останов, что устраняет возможные колебания. Начальное значение распределенной силы $F_Н=8,005\cdot10^5$ Н/м, значение силы в точке перегиба $F_{ТП}=7,771\cdot10^5$ Н/м, конечное значение $F_К=7,848\cdot10^5$ Н/м.

По результатам расчета переходного процесса график перемещения узлов, вызванного деформацией конструкции, представляет собой полином второй степени, не имеющий экстремумов и точек перегиба — то есть, в системе не возникает колебаний при подъеме колонны. При данных значениях движущей силы время подъема колонного аппарата на 0,48 м составляет 8,16 с.

Таким образом, для конструкции подъемно транспортной системы B-SET были проведены статический и динамический расчеты. По результатам статического расчета конструкция обладает достаточной прочностью, коэффициент запаса 2,27. По результатам моделирования подъема колонного аппарата определено, что при выбранном законе изменения движущей силы в конструкции не возникает колебаний, операционное время составляет 8,16 с.

Список литературы

1. Короткая О.В. Инновационная методика расчета и проектирования камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя. // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. В. 12. DOI: 10.18698/2308-6033-2016 12-1560.
2. Валишвили Н.В., Гаврюшин С.С. Сопротивление материалов и конструкций: учебник для вузов. Москва: Юрайт, 2023. 429 с.
3. Холодилин А.Н. Расчет грузоподъемных устройств: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2017. 126 с.

УДК 621.311.24

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОТЫ

Жураев И.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
zhuraevi@student.bmstu.ru
Орькин В.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
orkinvn@student.bmstu.ru
Научные руководители: Гаврюшин С.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»;
Мурашов М.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Система управления и мониторинга является неотъемлемой частью современных ветроэнергетических установок, благодаря которой обеспечивается максимизация энергоэффективности за счет адаптивного управления, уменьшения механических нагрузок для увеличения ресурса конструкции и интеграция в энергосистему с учетом требований стабильности частоты и напряжения. Однако ветрогенераторы не всегда работают на пике возможного КПД из-за механических потерь и неоптимального управления рысканием и углом поворота лопастей. По этой причине задача совершенствования систем управления, а также контроль рабочих параметров ветроэнергетической установки в реальном времени является актуальной.

Целью данной работы является улучшение системы управления и контроля ветроэнергетических установок путем внедрения подсистемы прогнозирования ветровых характеристик на основе предиктивной модели.

Усовершенствованная система управления ветроэнергетической установки представляет собой комплекс взаимосвязанных подсистем, обеспечивающих эффективную и безопасную работу установки в различных ветровых условиях. В её состав входят интеллектуальные модули управления рысканием и углом поворота лопастей, дополненные современной системой мониторинга и прогнозирования.

При выборе модели прогнозирования были проанализированы множество моделей, включая модели на основе сверточной [1] и рекуррентной [2] нейронных сетей, гибридные архитектуры, а также SARIMA [3], NeuralProphet и готовая гибридная модель ConvLSTM1D. Экспериментальные результаты продемонстрировали, что готовая гибридная модель ConvLSTM1D, сочетающая сверточные и рекуррентные нейронные сети на основе долгой краткосрочной памяти, обеспечивает наивысшую точность прогноза. Данная архитектура позволяет достичь уровня предсказания мощности ветрогенератора, соответствующего 50% от его теоретически возможной производительности.

Прогнозирование ветра основывается на комбинации данных, поступающих от датчиков и базы данных ветроустановки. Эти сведения обрабатываются с использованием модели прогнозирования, что позволяет заранее предсказывать скорость и направление ветра. Полученные прогнозы передаются в модуль управления, где используются для упреждающей корректировки работы ветроустановки.

В управлении рысканием прогнозные данные помогают оптимально ориентировать гондолу по направлению ветра еще до того, как изменения станут очевидными для локальных датчиков. Это особенно важно при работе в условиях переменчивого ветра, где традиционные системы с запаздыванием реагирования теряют значительную часть энергии. Аналогичным образом прогнозирование влияет на регулировку угла атаки лопастей. Заблаговременно зная

о приближающемся усилении или ослаблении ветра, система может заранее скорректировать угол лопастей, чтобы либо максимизировать энергосъем, либо снизить нагрузку при порывах.

Данная архитектура позволяет не только оптимизировать энергогенерацию в текущий момент, но и прогнозировать выработку энергии, планировать техническое обслуживание и минимизировать риски аварийных ситуаций. В результате значительно повышается как экономическая эффективность установки, так и её надежность в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Калик М.А., Дайнеко А.С., Драгун К.В. Обзор некоторых разновидностей нейронных сетей // Столыпинский вестник. 2023. № 11. С. 5516-5521.
2. Якименко В.В., Савостьянова И.Л. Архитектура модели LSTM для прогнозирования временных рядов редких событий // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2022. Т. 2. № 8. С. 533-535.
3. Шемякин С.Н., Пестов И.Е., Ильин М.В., Рудченко Н.А. Теоретическая оценка использования математических методов прогнозирования загрузки виртуальной инфраструктуры // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2021. Т. 13. № 4. С. 66-75.

УДК 612.76

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ РЕШЕНИЕ СИММЕТРИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ КИСТИ РУКИ

Никитин Д.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
danyanikin28@gmail.com
Научный руководитель: Мурашов М.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

В работе представлен программно-аппаратный комплекс для симметричного управления бионическим протезом кисти руки. Основной целью проекта является разработка технологии, способной максимально естественно передавать движения от здоровой руки пользователя к бионическому протезу. Система использует датчики изгиба (flex sensors) для регистрации сгибания пальцев и потенциометры, которые фиксируют положения суставов здоровой руки [1]. Эти сигналы обрабатываются микроконтроллерами Arduino, которые преобразуют сигналы в управляющие команды для сервоприводов. Беспроводная передача управляющих сигналов осуществляется посредством радиомодулей NRF24L01, обеспечивающих оперативность и точность движения протеза [2]. Разработанная программа на платформе Arduino анализирует и интерпретирует входные данные с датчиков, гарантируя плавное и естественное повторение движений кисти.

Проведенные расчёты и комплексные испытания подтвердили работоспособность и надежность конструкции. Протез демонстрирует способность поднимать нагрузки до 4,33 кг и обладает высоким выходным крутящим моментом (17 Н·м). Высокая собственная частота корпуса (442 Гц) исключает резонансные явления и повышает стабильность работы устройства [3].

Разработанный прототип может быть использован в медицинской реабилитации для людей с ампутацией верхних конечностей, значительно улучшая их адаптацию к ежедневным задачам. Кроме того, разработанные технологии могут быть интегрированы в образовательные программы и использованы для научных исследований в области бионики и робототехники.

Таким образом, реализованный проект демонстрирует практическую значимость в улучшении качества жизни людей с ограниченными возможностями, а также имеет перспективы дальнейшего развития и масштабирования.

Список литературы

1. Хенч Л. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей. М.: Техносфера, 2007. 408 с.
2. Шварц М. Интернет вещей с ESP8266. СПб.: БХВ-Петербург, 2019. 320 с.
3. Шигео Х. Бионические роботы. Змееподобные мобильные роботы и манипуляторы. М.: Издательство инженеров, 2014. 240 с.

УДК 621.865.8:664

МЯГКИЙ СХВАТ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Романенко Б.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
romanenkob2002@mail.ru
Соснин М.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
mark.sosnin@gmail.com
Научный руководитель: Воротников С.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Пищевая отрасль всегда активно развивается, однако слабым звеном остаётся этап упаковки продукции. Существующие жесткие захваты не всегда обеспечивают необходимую деликатность, из-за чего всё больше находят своё применение мягкие схваты благодаря своей способности безопасно захватывать хрупкие или мягкие объекты, а также объекты нестандартной формы, без необходимости точного позиционирования.

В процессе работы рассматривается ряд существующих решений в области мягких захватных устройств, среди которых SOFT FINGER GRIPPER кампании Robot Tech определяется как наиболее удачный по следующим сравниваемым параметрам: масса, габариты схвата, грузоподъёмность, габариты захватываемых объектов, максимальное усилие, создаваемое одним мягким элементом, рабочее давление и возможность регулировки.

Целью работы является разработка мягкого схвата для дельта-робота, предназначенного для упаковки кондитерских изделий без повреждений в коробки на автоматизированном участке производства.

Определяется геометрия и конфигурация составляющих схвата, методы изготовления и используемые материалы:

– мягкие элементы изготавливаются из литьевого силикона (пищевой сертификации) методом 3D-печати форм с последующей дегазацией и полимеризацией;
– каркас выполняется из ABS-пластика, обеспечивающего прочность и легкость.
– В ходе работы также разрабатывается СУ (система управления), определяются её составляющие: микроконтроллер Arduino, электромагнитное реле, РДГ (регулятор давления газа), ПР 3/2 НЗ (пневмораспределитель типа 3/2 нормально закрытый).
– Изготавливается прототип, и проводятся его испытания по следующим параметрам:
– сила сжатия и угол сгибания в зависимости от давления;
– грузоподъёмность;
– диапазон рабочих габаритов.

По результатам испытаний разрабатывается модель пневматической системы в компьютерной среде Festo FluidSim для дальнейшего более точного анализа и внесения

изменений в характеристики системы. Модель позволяет визуализировать поведение системы и оценить работу схвата без необходимости проведения большого количества физических испытаний.

В работе изготовлен прототип мягкого схвата для дельта-робота: подобраны материалы и методы изготовления. Разработана СУ: выбрана элементная база, проведена компьютерная симуляция [1-3].

Список литературы

1. Крейнин Г.В., Кривц И.Л., Винницкий Е.Я., Ивлев В.И . Гидравлические и пневматические приводы промышленных роботов и автоматических манипуляторов / ред. Г.В. Крейнин М.: Машиностроение, 1993. 299 с.
2. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Механотроника и робототехника», Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 382 с.
3. SoftGripping / официальный сайт компании Soft Gripping. URL: https://soft-gripping.com (Дата обращения 02.05.2025).

УДК 621.941.01, 004.942

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Тун Цзыци, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
tunts@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Жаргалова А.Д., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
azhargalova@bmstu.ru

Цилиндрические тонкостенные детали широко используются в различных отраслях промышленности, таких как машиностроение, авиастроение, автомобилестроение и производство оборудования для энергетической и химической промышленности [1]. Эти детали играют важную роль в конструкции высокой прочности и минимальной массы, что особенно важно в условиях ограниченности ресурсов и высоких требований к эффективности производства. Примеры таких деталей включают компоненты двигателя, трубопроводы, кожухи турбин и другие критически важные компоненты конструкции.

Токарная обработка — широко используемый метод обработки в обрабатывающей промышленности. Выбор параметров режимов резания скорость (Vc), подача (s), глубина резания (t) напрямую влияет на эффективность обработки, стойкость инструмента и качество поверхности[2]. Традиционные методы выбора параметров опираются на опыт или ручные рекомендации, которые трудно адаптировать к современным требованиям обработки, требующим высокой точности и высокой эффективности. Поэтому разработка интеллектуального алгоритма выбора параметров на основе многокритериальной оптимизации имеет важное теоретическое и инженерное значение.

В данной работе предлагается метод оптимизации параметров токарной обработки на основе многокритериального алгоритма и конечно-элементного анализа. Основная работа включает в себя[3]:

1. Определение целевой функции, включая время обработки (T), стойкость инструмента (Tl) и шероховатость поверхности (Ra), устанавливается с использованием метода взвешенного суммирования с учетом ограничений мощности станка, силе резания и точности обработки.
2. Разработка многокритериального алгоритма для достижения оптимизации.

3. Использование ANSYS для моделирования оптимизированных параметров резания и проверки распределения силы резания и деформации заготовки.

Сначала рассчитывается параметры резания по формуле, приведенной в справочнике[2], проводится моделирование с использованием рассчитанных параметров резания. По результату расчёта стандартным методом, получается прогиб заготовки, которую надо избегать. Далее применяется новый алгоритм для оптимизации параметров режимов резания. При моделировании в ANSYS деформация детали значительно снижается, что подтверждает эффективность расчета.

В результате разработанная программа в Python по многокритериальному алгоритму позволяет технологу рассчитать такие режимы резания для обработки тонкостенных деталей и избежать брака по качеству готовых годных деталей.

Список литературы

1. Еремейкин П.А., Жаргалова А.Д., Гаврюшин С.С. Расчетно-экспериментальная оценка технологических деформаций при «мягких» режимах токарной обработки тонкостенных деталей // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2018. Т. 20. № 1 . С. 22-32. DOI: 10.17212/1994-6309-2018-20.1-22-32

2. Марков В.В., Сметанников А.В., Кискеев П.И., Лебедева Л.И., Ветчинников Д.А. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. Орёл: ОрелГТУ, 2010. 112 с.

3. Скрябин В.А., Машков А.Н., Нестеров С.А. Резание материалов: метод, указания к лабораторным Р34 работам. Пенза : ПТУ, 2015. 138 с.

РАЗДЕЛ «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА»

СЕКЦИЯ «ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ»

УДК 535.3

РАЗРАБОТКА ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА ДЛЯ КОМПАКТНОГО МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Вторников Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
vtornikov_2015@mail.ru
Гринюк Е.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
grinyukeo@gmail.com
Научный руководитель: Соломашенко А.Б., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Очки дополнений реальности, также известные как AR-очки, находят применение в различных сферах благодаря своей способности накладывать цифровую информацию на реальный мир. Основные области применения: образование, медицина, промышленность и производство, архитектура и строительство, спорт, розничная торговля.

Существует несколько способов реализации оптических компонентов AR-устройств, но наиболее востребованным является использование голографических волноводов [2]. Это связано с тем, что излучение распространяется в тонкой пластинке, толщиной 1 мм, и, соответственно, применяя такую технологию, можно достичь минимальных габаритов готового устройства [3].

В рамках данной работы рассматривались ключевые параметры голографического волновода, для последующей его интеграции с оптической системой и микродисплеем для возможности реализации оптического узла [1].

Принцип работы заключается в следующем: изображение с микродисплея попадает в оптическую систему, на выходе из которой формируется пучок лучей, обеспечивающий входное угловое поле системы. Далее лучи попадают на вводную дифракционную решетку, дифрагируют под определенным углом и, под действием полного внутреннего отражения (ПВО), распространяются в волноводе до момента, пока выводная дифракционная решетка не нарушит ПВО.

Качество работы всей системы напрямую зависит от параметров дифракционной решетки, основным из которых является её период. Для эффективного ввода излучения в волновод и его последующего вывода необходимо определить оптимальный период решетки. Рассмотрим формулу, определяющую период вводной дифракционной решетки (1):

$$d_{\text{реш}} = \frac{\lambda}{-sin(\omega_1)+n_2 sin(\alpha_{\text{пво}})}, \quad (1)$$

где λ — длина волны падающего излучения;
ω_1 — крайний луч углового поля зрения на входе;
n_2 — показатель преломления волновода;
$\alpha_{\text{пво}}$ — угол ПВО для выбранного показателя преломления волновода.

Основной целью было рассчитать волноводы таким образом, чтобы получить максимальное значение входного углового поля. Это необходимо для последующей адаптации системы волноводов под интегрируемые оптические системы.

Было выявлено, что максимальное угловое поле достигается при использовании наибольшего показателя преломления, в нашем случае это $n = 1.736$. А именно, при использовании одной пластины 39° для монохроматического изображения и $7{,}9^{\circ}$ для цветного. Для случая монохроматического изображения ($\lambda = 0{,}520$ мкм) период решетки $\mathrm{d}_{\text{реш}} = 0{,}402$ мкм, а для цветного — $\mathrm{d}_{\text{реш}} = 0{,}421$ мкм.

В ходе выполнения данной работы были также рассчитаны системы волноводов, состоящие из 2 и 3 пластин. Результаты показали, что при формировании монохроматического изображения угловое поле системы значительно больше, чем для цветного изображения

Интеграция второй и третьей пластины позволили разделить излучение и передавать отдельные спектры по разным волноводам, тем самым значительно увеличив угловое поле. При использовании двух пластин максимальное угловое поле для монохроматического изображения составило 72°, $\mathrm{d}_{\text{реш1}} = 0{,}512$ мкм, $\mathrm{d}_{\text{реш2}} = 0{,}334$ мкм; для цветного максимальное угловое поле 36°, $\mathrm{d}_{\text{реш1}} = 0{,}344$ мкм, $\mathrm{d}_{\text{реш2}} = 0{,}481$ мкм, для цветного.

Для трех пластин —максимальное угловое поле 122° для монохроматического изображения и максимальное угловое поле 57° для цветного изображения.

Таким образом, нами были проведены исследования зависимости рабочего углового поля для случаев монохроматического и цветного изображения, с использование одного, двух и трёх волноводов и выявлены соответствующие зависимости, а также разработана система волновода с микродисплеем MicroLED display и миниатюрной оптической системой с угловым полем 17° и габаритными размерами 12 мм, ø 5 мм.

Список литературы

1. Андреева О.В. Прикладная голография: учебное пособие. СПб.: СПбГУИТМО, 2008. 184 с.
2. Kress B.C., Chatterjee I. Waveguide combiners for mixed reality headsets: a nanophotonics design perspective// Nanophotonics. 2021. DOI: 10.1515/nanoph-2020-0410.
3. Levola T. Diffractive optics for virtual reality displays // Journal of the SID. 2006. V. 14. № 5. DOI: 10.1889/1.2206112.

УДК 535.016:535.39

СОЗДАНИЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ МИКРОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦА ИЗ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА

Елистратова А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
elistratovaam@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Тарабрин М.К., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Материал на основе галогенидов серебра AgBr–AgI имеет низкое поглощение в диапазоне от 3 до 10 мкм, благодаря чему он может использоваться для создания оптического волокна для доставки излучения в данном диапазоне, например, в волоконных приставках к Фурье-спектрометрам. Показатель преломления AgBr–AgI в данном диапазоне превышает 2,18 [1]. Высокий показатель преломления приводит к значительным потерям на отражение на торцах волокон. Так, для волоконной приставки с двумя световодами потери на отражение на 4 торцах будут составлять более 45%. Таким образом, актуальной представляется задача уменьшить потери на отражение плоских поверхностей оптических деталей из AgBr–AgI.

Классический метод уменьшения потерь на отражение – нанесение просветляющих покрытий. Однако этот метод не подходит для просветления AgBr–AgI из-за проблем с адгезией. Альтернативой является просветление с помощью микроструктур.

Микроструктура представляет собой упорядоченный массив углублений. Принцип работы микроструктур заключается в том, что в некотором диапазоне длин волн, зависящем от периода микроструктуры, микроструктура действует как слой с градиентным показателем преломления [2]. На длинах волн меньше граничной появляется дифракция. Примерный период микроструктуры рассчитывается по формуле (1):

$$p = \frac{\lambda_{diff}}{n} \quad (1)$$

где p – период микроструктуры

λ_{diff} – коротковолновая граница диапазона повышенного пропускания

n – показатель преломления материала

Для определения показателя преломления материала на Фурье-спектрометре был измерен спектр отражения плоской поверхности образца – пластины из AgBr–AgI, откуда было рассчитано значение n=2,3. Далее, по формуле (1) рассчитано примерное значение периода p=1,4 мкм для диапазона просветления от 3 до 10 мкм.

Существует несколько методов создания микроструктур, однако в данной работе использовался метод фемтосекундной лазерной абляции. Микроструктуры создавались при сканировании поверхности образца (в эксперименте – пластины) лазером за счёт движения столика, на котором был закреплён образец. Было создано более 10 тестовых микроструктур за счёт варьирования параметров алгоритма создания микроструктур. Средняя мощность лазера изменялась в диапазоне от 22 до 28 мВт, период микроструктур – в диапазоне от 1,3 до 1,5 мкм. Одинаковыми для всех тестовых микроструктур были длина волны излучения лазера 513 нм, длительность импульса 200 фс, частота следования импульсов 200 кГц. Спектр пропускания полученных микроструктур относительно пропускания плоской поверхности был измерен на Фурье-спектрометре. Затем по формуле (2) был получен спектр абсолютного пропускания микроструктур:

$$T_{\text{стр}} = \frac{T_{\text{стр}}}{T_{\text{пл}}}(1 - R_{\text{пл}}), \quad (2)$$

где $T_{\text{стр}}$ – пропускание пластины с микроструктурой

$T_{\text{пл}}$ – пропускание необработанной пластины

$R_{\text{пл}}$ – отражение плоской поверхности образца

Среди полученных микроструктур наилучшая позволила повысить пропускание до 0,939 на длине волны 4 мкм и до 0,927 в среднем в диапазоне от 3 до 10 мкм. Тогда для приставки с двумя волоконными световодами потери составят 22,3% в пике и 26% в диапазоне от 3 до 10 мкм. Среднее пропускание плоской поверхности образца составляет 0,845 в диапазоне от 3 до 10 мкм. Тогда для волоконной приставки с непросветленными торцами волокна потери составляли бы 49%, что на 23% больше, чем для случая с микроструктурами.

Список литературы

1. Salimgareev D. et al. Optical properties of the AgBr–AgI system crystals // Optics & Laser Technology. 2022. V. 149. Pp. 107825. DOI: 10.1016/j.optlastec.2021.107825.

2. Bushunov A.A., Tarabrin M.K., Lazarev V.A. Review of surface modification technologies for mid-infrared antireflection microstructures fabrication // Laser & Photonics Reviews. 2021. V. 15. № 5. DOI: https://doi.org/10.1002/lpor.202000202.

УДК 535.317+535.41/42

АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВИГНЕРА

Задорожний В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
vadenza@yandex.ru
Научный руководитель: Пискунов Д.Е., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
piskunovde@gmail.com

Функция распределения Вигнера (ФРВ) – квазивероятностное распределение, учитывающее квантовые поправки к классической статистической механике. ФРВ связывает волновую функцию и распределение вероятностей в фазовом пространстве.

Кроме квантовой физики ФРВ нашла применение и в оптике [1, 2]. Световое поле можно представить набором лучей с весовыми коэффициентами W, определяющимся ФРВ, заменив волновую функцию на функцию комплексного пропускания транспаранта $\psi(x)$, а импульс частицы – на угол отклонения луча θ_x или пространственную частоту υ_x. Таким образом, функция распределения Вигнера принимает вид:

$$W(x,\upsilon_x) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(x+\frac{x'}{2}\right)\cdot\psi^*\left(x-\frac{x'}{2}\right)\cdot\exp(-j\cdot 2\pi\cdot x\cdot\upsilon_x)\,dx', \quad (1)$$

где x – координата на транспаранте, x' – сдвиг по координате x, $\upsilon_x = \sin(\theta_x)/\lambda$, λ – длина волны излучения

Использование ФРВ в классической геометрической оптике позволяет моделировать дифракцию и интерференцию света с высокой точностью. Это обеспечивается созданием виртуальных источников лучей, интенсивность которых определяется ФРВ. Отметим, что ФРВ может принимать и отрицательные значения.

В данной работе рассматривается применение модели светового поля на основе ФРВ для анализа оптических систем. В качестве примера рассмотрим одномерный случай. В классической теории действие оптической системы описывается зрачковой функцией $\tau(x)$, учитывающей размер зрачка D, а также волновые аберрации системы $\Delta l(x)$ [3]:

$$\tau(\mathrm{x}) = rect\left(\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{D}}\right)\cdot exp\left(\mathrm{j}\cdot\mathrm{k}\cdot\Delta\mathrm{l}(\mathrm{x})\right), \quad (2)$$

где k – волновое число, $rect(x) = \begin{cases} 1, \text{если } |x| < 0{,}5 \\ 0{,}5, \text{если } |x| = 0{,}5. \\ 0, \text{если } |x| > 0{,}5 \end{cases}$

ФРВ для выражения (2) имеет следующий вид:

$$W(x,\upsilon_x) = 2\cdot D\cdot\Lambda\left(\frac{2\cdot x}{D}\right)\cdot sinc\left(2\pi\cdot D\cdot\Lambda\left(\frac{2\cdot x}{D}\right)\cdot\left[\upsilon_x - \frac{1}{\lambda f'}\cdot\Delta x(x)\right]\right), \quad (3)$$

где $\Delta x(x)$ – поперечные аберрации, f' – фокусное расстояние оптической системы, $\Lambda(x) = \begin{cases} 1-|x|, \text{если } |x|\le 1 \\ 0, \text{если } |x|>1 \end{cases}$, $sinc(x) = \frac{\sin(x)}{x}$.

Физический смысл выражения (3) заключается в представлении поля, преобразованного оптической системой, в виде набора источников лучей в плоскости выходного зрачка с начальными координатами x с углами отклонения θ_x, определяемыми частотой υ_x, и интенсивностями W. Учёт фокусирующих свойств системы обеспечивается добавлением идеальной тонкой линзы в плоскость выходного зрачка с фокусным расстоянием, равным радиусу сферы сравнения. Полученный набор лучей можно трассировать как в плоскость изображения, так и далее по оптическому тракту оптико-электронного прибора.

В ходе научной работы была доказана *адекватность* данной модели светового поля как аналитически, так и посредством компьютерного моделирования. Моделировалось

прохождение света через типовые амплитудно-фазовые транспаранты (дифракционные решётки, транспаранты с прямоугольной и круглой формами отверстий, призмы и др.). Полученные интенсивности поля в плоскости анализа сравнивались с результатами, полученными с помощью интеграла Френеля. В качестве метрики сравнения использовалось пиковое отношение сигнал-шум (PSNR). PSNR для различных транспарантов имеет значения более 40 децибел. Это говорит о том, что модель светового поля на основе ФРВ обладает *высокой точностью* и может служить альтернативным методом исследования и анализа оптических систем.

Преимуществами использования ФРВ являются: 1) возможность учёта дифракционных эффектов и интерференции в рамках геометрической оптики, 2) для расчёта дифракции и интерференции нет необходимости отслеживать оптический путь луча – информация о фазе закодирована в знакопеременной интенсивности. Указанные преимущества позволяют реализовать реалистичное моделирование оптических систем в коммерческих программах рендеринга, основанных на трассировке большого количества лучей на графических процессорах, в которых не предусмотрены ни отслеживание фазы поля, ни интегральные преобразования для учёта дифракции. Такая реализация создаёт широкие возможности для моделирования оптических систем с использованием технологии цифровых двойников.

Список литературы

1. Oh S.B., Barbastathis G., Raskar R. Augmenting light field to model wave optics effects. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/45861291 (Дата обращения 27.04.2025).
2. Bastiaans M.J. The Wigner distribution function applies to optical signals and systems. 1978. DOI: 10.1016/0030-4018(78)90080-9.
3. Мосягин Г.М. Теория оптико-электронных систем: учебное пособие / под ред. В.Я. Колючкина. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. 348 с.

УДК 608.4

СИНТЕЗ АТЕРМАЛЬНОЙ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ

Золотарева Д.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
d.zolotareva2001@yandex.ru
Нога А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
noga_aleksey@mail.ru
Научный руководитель: Тимашова Л.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

В настоящее время все большее распространение в науке и технике получают многоспектральные камеры. Многоспектральная съемка в нескольких спектральных диапазонах активно применяется в различных областях: сельском и лесном хозяйстве, экомониторинге, охране периметров и т.д.

Существующие технические решения в виде набора параллельно расположенных видеокамер обладают существенным недостатком – оптическим параллаксом и в следствие этого большими габаритами [1]. Из-за оптического параллакса усложняется задача комплексирования изображений разных спектральных диапазонов и, как следствие, возникает ошибка определения координат объектов. Данная проблема решается за счет использования единого для всех спектральных диапазонов входного зеркального телеобъектива [2], позволяющего разместить объективы разных спектральных диапазонов на одной оптической оси. Такая видеокамера будет иметь минимальные габариты при отсутствии параллакса изображений.

Предлагаемая многоспектральная видеокамера работает в трех инфракрасных спектральных диапазонах. Длинноволновый инфракрасный спектральный диапазон (LWIR) способен регистрировать слабо нагретые объекты. Средневолновый инфракрасный диапазон (MWIR) необходим для регистрации сильно нагретых объектов. Существенным недостатком данных спектральных диапазонов является невозможность определения точного положения регистрируемых объектов из-за низкого контраста изображения фона, что усложняет задачу привязки объекта к холодным объектам пространства.

Эта проблема решена за счёт добавления в оптическую схему канала ближнего ИК диапазона (SWIR). Объекты в данном спектральном диапазоне имеют более высокие значения коэффициентов отражения, чем в видимом диапазоне и меньшее поглощение отраженного излучения атмосферой. В том числе туман, дождливая погода, дым в меньшей степени ухудшают контраст изображения объектов по сравнению с видимым диапазоном.

Оптическую схему синтезируемой видеокамеры можно представить в виде следующих функциональных блоков:

1. Входное окно выполняет роль защитного стекла, и представляет собой ZnSe плоскопараллельную пластину. Данный материал прозрачен в трех спектральных диапазонах.
2. Зеркальная система Кассегрена. Данный узел содержит: главное гиперболическое зеркало и вторичное зеркало. Зрачок системы расположен на вторичном зеркале. Зеркальная система работает одновременно в трех широких спектральных диапазонах.

2.1 Главное гиперболическое зеркало имеет световой диаметр 130 мм, центральное виньетирование 45%. Зеркало выполнено из стекла К8.

2.2 Вторичное зеркало представляет собой линзу с дихроичным покрытием, отражающим средний и дальний спектральные диапазоны и пропускающим коротковолновый инфракрасный диапазон.

Такая зеркальная система позволяет совместить оптические оси разных каналов и тем самым избежать параллакса изображений в разных спектральных диапазонах.

3. Фокусирующие объективы исправляют аберрации, вносимые зеркальной системой, и фокусируют изображение на матричный приемник излучения.

В системе используются два фокусирующих объектива: один для SWIR диапазона и один – для двух других ИК диапазонов: MWIR и LWIR. При этом второй объектив корригирован для большого спектрального диапазона 3 – 12 мкм.

Поскольку визирные оси объективов совмещены, регистрация пространства объектов в трех указанных инфракрасных диапазонах позволяет с высокой точностью обнаруживать и распознавать объекты и определять их местоположение.

Поскольку предполагается использование видеокамеры при различных погодных условиях, то была проведена атермализация оптической системы для работы в широком температурном диапазоне: от -40°С до +40°С. Были подобраны материалы линз и проставок между ними для компенсации искажения изображения в результате температурных расширений.

Список литературы

1. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. М.: Машиностроение. 1992. 448с.
2. Нога А.Р. Тимашова Л.Н. Синтез двухспектрозональной видеокамеры на основе зеркального телеобъектива // Контенант. 2024. Т. 23. № 1. С. 23-29.

УДК 530.145.1

ГЕНЕРАЦИЯ СТАБИЛЬНОЙ ГРУППЫ СВЯЗАННЫХ СОЛИТОНОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УПРАВЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВОМ ИМПУЛЬСОВ

Котова А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
kotovaad@bmstu.ru
Научный руководитель: Орехов И.О., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Оптические частотные гребенки на основе лазеров с синхронизацией мод недавно были предложены в качестве источника когерентных полей в системах на основе кумод. При этом кодирование нескольких кубитов с использованием непрерывных переменных (CVQC) квантового гармонического осциллятора (например, его положения и импульса) в бесконечномерном гильбертовом пространстве позволяет обеспечить экспоненциальное ускорение кодирования и повышенную масштабируемость [1]. Однако CVQC по-прежнему сталкиваются с серьезными проблемами, такими как устойчивость к декогеренции и эффект отказоустойчивости, который может быть связан со стабильностью генерируемых режимов и их взаимодействием с окружающей средой [2]. В соответствии с этим, режим генерации ультракоротких импульсов в виде группы связанных солитонов (ГСС) может стать отличным источником для CVQC, так как стабильные связанные состояния импульсов с управляемым количеством могут обеспечить увеличение числа начальных состояний в бесконечно размерном гильбертовом пространстве. Кроме того, согласно теории солитонного квантования, ГСС могут быть эффективны для создания сжатых состояний, устойчивых к декогеренции.

Экспериментальный макет для генерации ГСС, представлял собой полностью волоконный кольцевой лазер. В качестве активной среды было использовано волокно, легированное ионами эрбия длиной 4,65 м с положительной ДГС до +22,2 $пс^2 \cdot км^{-1}$. Относительно длинное эрбиевое волокно обеспечивало высокую эффективность, компенсируя аномальную дисперсию пассивной части резонатора и увеличивая нелинейность. Поглощение сигнала на длине волны 980 нм составляло 12 дБ/м. Другим преимуществом используемой активной среды являлось то, что она имела отрицательную дисперсию третьего порядка, которая компенсировала положительную дисперсию третьего порядка пассивной части резонатора.

В результате работы была продемонстрирована генерация стабильного режима ГСС в полностью волоконном эрбиевом лазере. Управление количеством импульсов в группе связанных солитонов путем изменения мощности накачки показало возможность генерировать режимы с 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, и 14 связанными импульсами без нарушения режима синхронизации мод. Кроме того, было продемонстрировано управление количеством импульсов путем управления мощностью накачки. Было продемонстрировано, что увеличение порядка групп связанных солитонов при росте мощности накачки позволяет достичь значительной средней выходной мощности более 48 мВт, без существенного роста пиковой мощности. Это помогает минимизировать возникновение нежелательных нелинейных эффектов, характерных для режимов с высокой пиковой мощностью. Такое решение может стать основой для создания компактного и надежного генератора, применимого в системах квантовых вычислений.

Список литературы

1. Fukui K. and Takeda S. Building a large-scale quantum computer with continuous-variable optical technologies // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. 2022. V. 55. Pp.1-28.

2. Pfister O. Continuous-variable quantum computing in the quantum optical frequency comb // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. 2019. V. 53. Pp. 1-36.

УДК 621.375.826

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ТЕРМОКОМПЕНСАЦИИ СДВИГА НУЛЯ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

Никонов А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
alehandronikonov@yandex.ru
Научные руководители: Авиев А.А., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Вереникина Н.М., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Одной из основных погрешностей лазерного гироскопа (ЛГ) является сдвиг нуля его выходной характеристики. Наблюдается сильное влияние температуры на величину сдвига, что приводит к снижению точности гироскопа. Для снижения погрешности сдвига нуля применяются различные способы термокомпенсации [1-3], которые можно разделить на пассивные (основанные на рациональном выборе конструктивных элементов) и активные (алгоритмические). При этом к настоящему времени задача термокомпенсации сдвига нуля ЛГ полностью не решена.

Говоря о пассивных методах компенсации, чаще всего рассматривается задача по стабилизации периметра кольцевого контура, решениями которой являются: использование материалов с низким коэффициентом теплового линейного расширения (ТКЛР), равномерное распределение температуры по контуру ЛГ и использование пьезокорректоров (ПК) новой конструкции.

В качестве материала с низким ТКЛР широко применяется ситалл, который хорошо себя зарекомендовал при производстве моноблоков ЛГ. Существенно улучшить характеристики ситалла невозможно, поэтому данное направление является исчерпанным.

При работе лазера генерируется много тепла, которое распределяется по контуру ЛГ неравномерно, что приводит к непостоянству увеличения периметра в различных точках прибора. Для выравнивания температурных градиентов может использоваться обвес из материалов с высокой теплопроводностью, которые обеспечат более равномерное распределение температуры по площади контура.

Конструкция ПК, как и моноблок ЛГ, подвержена влиянию температурного расширения, что также приводит к увеличению периметра. Авторами [1] предложено применить неизбежные деформации ПК для уменьшения приращения периметра ЛГ путем направления хода зеркал в обратную сторону. Результаты разработки такого ПК подтверждают эффективность компенсации изменения периметра. При этом погрешности такой компенсации остаются существенными, что требует использовать дополнительные меры по снижению величины сдвига нуля, а именно активные методы.

Среди активных методов традиционным и наиболее простым является кусочно-линейная аппроксимация [2], при использовании которой проводится ряд измерений сдвига нуля в нескольких температурных точках. На каждом выделенном отрезке сдвиг нуля аппроксимируется прямой линией. Для компенсации сдвига нуля из измеренного значения угловой скорости вычитается соответствующее аппроксимированное значение. Испытания показали, что уровень остаточного сдвига нуля при этом составляет приблизительно 0.05 $^{\circ}$/ч. Однако несмотря на простую реализацию и низкие затраты вычислительной мощности, описанный метод компенсирует сдвиг нуля недостаточно.

Известен подход, который основан на алгоритме многоточечного температурного градиента, использующего метод опорных векторов с применением оптимизации роя частиц [3]. В связи с тем, что градиент температуры является важным параметром при компенсации сдвига, для повышения эффективности метода авторы установили на ЛГ восемь термодатчиков. Результаты корреляционного анализа между сдвигом нуля и температурными градиентами в различных областях контура ЛГ используются для повышения качества компенсации применяемым методом. Температурные испытания показывают снижение погрешности компенсации вплоть до 10^{-4} °/ч, однако при этом требуются существенные вычислительные мощности, что может оказаться непреодолимым барьером для ряда приложений ЛГ.

В работе [2] также описан метод активной компенсации сдвига нуля с использованием параметров работы гироскопа. При этом корректировка сдвига нуля осуществляется полиномом n-й (обычно первой или второй) степени в заданном температурном диапазоне с использованием показаний двух термодатчиков, один из которых располагается на моноблоке ЛГ, а другой – на корпусе прибора. По результатам проведенных авторами экспериментов было установлено, что сдвиг нуля ЛГ существенно зависит от мощности излучения, напряжения на ПК и амплитуды виброподставки. Основываясь на полученной информации, была предложена новая математическая модель сдвига нуля, учитывающая упомянутые зависимости:

$$\Delta\omega_0 = B_1 e^{-t/\lambda} + B_2(T_t - T_r) + B_3(T_t - T_r)^2 + B_4 f_1(\Omega_d) + + B_5 f_2(P) + B_6 f_3(U_{pk}),$$

где $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ – коэффициенты модели; P – мощность генерации; Ω_d– угловая скорость колебаний резонатора; U_{pk} – напряжение на ПК; λ – постоянная времени самопрогрева; $f_1(\Omega_d), f_2(P), f_3(U_{pk})$ – функции соответствующих параметров.

После проведения испытаний с уточненной моделью остаточный сдвиг нуля не превысил 0.01 °/ч. При этом модель не требует существенных вычислительных мощностей, а достигнутая погрешность для большинства задач является удовлетворительной.

Анализ показал, что метод активной компенсации сдвига нуля с использованием полинома и параметров работы гироскопа является наиболее перспективным и может быть взят за основу для дальнейшего повышения точностных параметров лазерного гироскопа.

Список литературы

1. Запотылько Н.Р., Катков А.А., Недзвецкая А.А. Пьезокорректор для компенсации тепловых вариаций длины оптического пути резонатора лазерного гироскопа // Оптический журнал. 2011. Т. 78. № 10. С. 10-12.
2. Суханов С.В. Выбор математической модели систематического дрейфа лазерного гироскопа // Техника и технология. 2008. № 5. С. 20-26.
3. Li G., Zhang P., Wei G. et al. Multiple-point temperature gradient algorithm for ring laser gyroscope bias compensation // Sensors. 2015. V. 15. № 12. Pp. 29910-29922.

УДК 778.3

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНАЯ КАМЕРА ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Нога А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
noga_aleksey@mail.ru
Научный руководитель: Дружин В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»;
Носов П.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) в настоящее время является наиболее быстроразвивающейся областью космической деятельности. Данные и сервисы ДЗЗ открывают новые направления развития и применяются в следующих задачах: логистика морских и речных судов, сельское и лесное хозяйство, поиск полезных ископаемых, прогнозирование погоды, анализ нефтяных загрязнений и др. Различные объекты наблюдения имеют различные спектральные характеристики. Возможность идентификации и классификации объектов по информации ДЗЗ основывается на том, что объекты разных типов - горные породы, почвы, вода, растительность - по-разному отражают и поглощают оптическое излучение в том или ином диапазоне длин волн.

Разрабатываемая мультиспектральная камера работает в двух спектральных диапазонах: видимом (0.45-0.7 мкм) и ближнем ИК (0.9-1.7 мкм). Оптическая схема мультиспектральной камеры состоит из следующих функциональных элементов:

1. Входной зеркально-линзовый объектив:

Единый входной зеркально-линзовый объектив объединяет визирные оси каналов видимого и ближнего ИК и, в свою очередь, исключает оптический параллакс изображений. Это устраняет ошибку комплексирования изображений разных каналов. Диаметр входного объектива и разрешающая способность камеры связаны обратно пропорциональной зависимостью. Поэтому, чем больше диаметр входного объектива, тем выше разрешающая способность мультиспектральной камеры. Модульная замена входного зеркально-линзового объектива позволяет изменять пространственное разрешение мультиспектральной камеры и интегрировать ее в малые космические аппараты разных размеров, при этом замена каналов регистрации не требуется. После приемного объектива расположен дихроичный светоделитель, представляющий собой плоскопараллельную пластину с покрытием, разделяющим световой поток на видимый и ближний ИК.

2. Каналы регистрации видимого и ближнего ИК диапазонов:

В каждый канал регистрации в свою очередь входят следующие элементы: перестраиваемый акустооптический фильтр (АОФ), фокусирующий объектив, корригирующий аберрации, вносимые входным зеркальным объективом, и матричный приемник излучения [1].

В существующих мультиспектральных камерах традиционно используются полосовые светофильтры, обычно расположенные перед матричным приемником излучения. В таких системах нет возможности спектральной перестройки. В предложенной оптической системе мультиспектральной камеры использование быстро перестраиваемых акустооптических фильтров позволяет регистрировать полнокадровое изображение в узком спектральном диапазоне [2]. Также такая система обладает быстрой перестройкой спектрального диапазона регистрации с помощью АОФ.

Предложенная оптическая система мультиспектральной камеры с диаметром входного зрачка 200 мм и относительным отверстием 1:5 обеспечивает формирование изображения высокого качества с разрешением 100 лин/мм по всему полю приемника во всем спектральном диапазоне длин волн. Проекция пиксела на Землю составляет 2.5 м, ширина полосы захвата –

4.1 км. Такая система обладает малыми габаритами, что в свою очередь позволяет установить камеру в качестве полезной нагрузки на малые космические аппараты КУБСАТ 16U. Благодаря использованию акустооптических фильтров в каналах регистрации мультиспектральной камеры появляется возможность регистрации массива полнокадровых изображений в узких спектральных диапазонах, что значительно расширяет возможности ДЗЗ.

Список литературы

1. Пожар В.Э., Мачихин А.С., Гапонов М.И., Широков С.В., Мазур М.М., Шерышев А.Е. Гиперспектрометр на основе перестраиваемых акустооптических фильтров для БПЛА. // Светотехника. 2018. № 4. С. 47-50.
2. Мартынов Г.Н., Гапонов М.И., Фомин Д.С., Ременникова М.В. Изображающий спектрометр на базе перестраиваемого акустооптического фильтра для полевой съемки // Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации: Материалы 12-й Международной научно-технической конференции (Москва, 13–16 октября 2019 года). Москва: Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН. 2019. С. 156-158.

УДК 535.231

ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ВОЛОКОННОГО ЭРБИЕВОГО ЛАЗЕРА

Плитарак М.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
pms20l251@student.bmstu.ru
Научные руководители: Орехов И.О., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»;
Сазонкин С.Г., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
sazstas@bmstu.ru

Волоконные лазеры ультракоротких импульсов в настоящее время являются широко распространенным инструментом для решения большого числа высокотехнологичных задач в различных областях производства, науки и медицины благодаря своим преимуществам, таким как: надежность, высокая пиковая мощность излучения и стабильность выходных характеристик [1]. Типичная частота повторения лазеров ультракоротких импульсов составляет единицы и десятки мегагерц, однако для их применения в ряде областей, в частности в медицине, требуется генерация с меньшей частотой следования импульсов [2]. В работе представлена разработка лабораторного макета делителя частоты, лишённого недостатков существующих аналогов, таких как отсутствие синхронизации по фазе и большая задержка.

Электрический сигнал, формируемый фотоприёмным устройством, поступает на разработанную систему управления акустооптическим модулятором, который производит деления частоты следования фемтосекундных импульсов. Система управления акустооптическим модулятором включает в себя разработанный предделитель на основе D-триггеров, обеспечивающий работу с частотами свыше 1 МГц, и микропроцессорное устройство с программируемыми параметрами: коэффициент деления, длительность импульсов, задержка перед импульсом. Управление реализовано с помощью написанного протокола обмена данными по UART. Конструкция прибора выполнена в модульном двухъярусном корпусе габаритами 300 × 250 × 150 мм.

Эксперименты с фемтосекундным эрбиевым лазером показали возможность реализовать коэффициент деления 10: частота следования импульсов была снижена с 13,3

МГц до 1,33 МГц. Понижение частоты следования импульсов, а следовательно, и средней мощности излучения происходит без изменения формы оптического спектра.

Разработанный макет делителя частоты следования импульсов для фемтосекундного волоконного эрбиевого лазера может обеспечивать деление частоты следования импульсов в широком диапазоне. Было реализовано управление параметрами деления в реальном времени. Прибор пригоден для интеграции в лазерные установки для решения задач в таких областях как медицина. В частности, в дерматологии или в урологии, варьирование частоты следования импульсов, и, как следствие, варьирование энергии импульсов и пиковой мощности позволяет проводить медицинские процедуры при различных режимах обработки.

Список литературы

1. Xu C., Wise F.W. Recent advances in fibre lasers for nonlinear microscopy. // Nature Photonics. 2013. V. 7. № 11. Pp. 875–882.
2. Vogel A., Noack J., Hüttmann G., Paltauf G. Mechanisms of femtosecond laser nanosurgery of cells and tissues // Applied Physics B. DOI:10.1007/s00340-005-2036-6.

УДК 681.586.4

АНАЛИЗ СИГНАЛОВ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВОЛОКОННОГО МИКРОФОНА

Селиверстова С.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
slvrstva@yandex.ru
Научный руководитель: Гриценко Т.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Регистрация акустических воздействий на различные протяженные объекты (трубопроводы, железнодорожные пути, режимные объекты) является крайне актуальной задачей на сегодняшний день, поскольку это требуется для решения как задач мониторинга их состояния, так и для обеспечения их охраны и предотвращения несанкционированной активности вдоль их периметра. Особую важность задача приобретает в условиях неблагоприятной криминогенной обстановки. Решением данной проблемы является распределенный волоконный микрофон, который в режиме реального времени предоставляет информацию о наличии внешних акустических воздействий на всем протяжении объекта мониторинга. Главными преимуществами волоконного микрофона перед электрическим являются его невосприимчивость к электромагнитным помехам и автономность сенсора (отсутствие электрического тока в сенсоре), а также возможность реализации распределенной сети с локализацией воздействия [1].

Волоконный микрофон, описанный в работе, создан на основе интерферометра Физо. Акустические волны изменяют длину волокна и его показатель преломления, из-за чего происходит изменение разности фаз на выходе интерферометров и регистрируются изменения интерференционного сигнала. Спроектированный волоконный микрофон представляет собой оптическое волокно, намотанное на специальный сердечник на основе поликарбоната. Интерференция возникает между лучами, отраженными от двух волоконных брэгговских решеток (ВБР) [2]. В исследовании используются микрофоны с длинами баз 0,25 м, 5 м и 10 м. Длина базы определяется расстоянием между ВБР в волокне и определяет чувствительность микрофона к акустическим воздействиям на него.

В работе представляется анализ экспериментальных данных, полученных при выстрелах вблизи микрофона из автомата: в виде одиночных выстрелов и очередей. Лазерное излучение источника при помощи разветвителя 3x3 отправляется на 3 циркулятора, что позволяет проводить одновременный опрос трех микрофонов с разными

длинами баз для выбора длины, наиболее подходящей для регистрации таких типовых воздействий. Проводится анализ сигналов на выходе микрофонов и их спектрограмм.

В результате проведенного анализа и сопоставления чувствительности разработанных микрофонов установлено, что для регистрации звуковых воздействий от выстрелов наиболее подходит микрофон с базой 0,25 м, в силу отсутствия нелинейных искажений сигнала. Может также применяться микрофон с базой 5 м, так как он обеспечивает возможность регистрации менее интенсивных воздействий. Однако в таком случае ввиду высокой чувствительности такого микрофона необходимо осуществлять восстановление фазы сигнала для устранения его нелинейных искажений.

Список литературы

1. Gritsenko T.V., Orlova M.V., Zhirnov A.A., Konstantinov Y.A., Turov, A.T., Barkov F.L., Khan R.I., Koshelev K.I., Svelto C., Pnev A.B. Detection and recognition of voice commands by a distributed acoustic sensor based on phase-sensitive OTDR in the smart home concept // Sensors. 2024. № 24. DOI: 10.3390/s24072281.
2. Wooler J.P.F., Crickmore R.I. Fiber-optic microphones for battlefield acoustics // Applied Optics. 2007. V. 46. Pp. 2486-2491.

УДК: 53.084.85

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОВОЗВРАЩАТЕЛЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ (МКА).

Сысоева П.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
s.poly03@yandex.ru
Фадеев Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Научный руководитель: Животовский И.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Для проведения гидрометеорологических и гелиогеофизических исследований с помощью МКА необходимы высокоточные знания о его орбите. Для получения информации о высоте орбиты используется метод лазерной дальнометрии. В целях повышения энергоэффективности отражения на спутнике располагается световозвращатель или система световозвращателей [1], по временной задержке сигнала от которых определяется дальность до МКА. Основной целью работы является определение оптимальных характеристик световозвращателя (диаметр, погрешность изготовление двугранных углов) для задачи по измерению дальности.

Часто в качестве таких отражателей используются уголковые световозвращатели, имеющие узкую индикатрису. В случае использования уголковых световозвращателей с металлизированным покрытием индикатриса имеет вид дифракционного пятна Эйри [1]. Однако схема «лазерный дальномер – световозвращатель на МКА» подвержена высоким энергетическим потерям вследствие влияния явления скоростной аберрации. Явление скоростной аберрации вносит угловое рассогласование $\alpha_{\text{ск.аб}}$ между падающим и отраженным пучками и смещает центр пятна отраженного излучения на поверхности Земли от приемника излучения. Для ослабления влияния описанного явления можно расширить индикатрису за счёт дифракции на входном зрачке световозвращателя, изменяя его диаметр, чтобы “накрыть” приемный канал.

В рамках работы были определены оптимальные диаметры $D_{\text{опт}}$ световозвращателей для различных зенитных углов. При таких диаметрах обеспечивается наибольшие потоки на

входном зрачке приемного канала для каждого зенитного угла соответственно. Оптимальный диаметр для зенитного угла $\theta_{\text{зен}}$ можно найти из выражения [2]:

$$\Phi(D) \sim R(D) * F(D), \quad (1)$$

где $R(D)$ – показатель световозвращения [2], $F(D) = \left[\frac{2\mathcal{J}_1(k*\alpha_{\text{ск.аб}}*D/2)}{k*\alpha_{\text{ск.аб}}*D/2)}\right]^2$ – зависимость интенсивности излучения в индикатрисе от диаметра световозвращателя, k – волновое число. Функция $\Phi(D)$ имеет максимум при диаметре $D_{\text{опт}} = 0{,}616 * D_{\text{гр}}$ для $\theta_{\text{зен}} = 0°$. При этом $D_{\text{гр}}$ определяется таким диаметром световозвращателя, при котором первый минимум дифракционной картины Эйри соответствует углу скоростной аберрации $\alpha_{\text{ск.аб}}$:

$$D_{\text{гр}} = \frac{1{,}22\lambda}{\alpha_{\text{ск.аб}}}, \quad (2)$$

где λ – длина волны.

Для зенитных углов $\theta_{\text{зен}} = 20°$ и $\theta_{\text{зен}} = 40°$ оптимальные диаметры соответственно равны $D_{\text{опт}} = 0{,}7 * D_{\text{гр}}$ и $D_{\text{опт}} = D_{\text{гр}}$. Определён оптимальный диаметр $D_{\text{опт}} = 10{,}5$ мм для диапазона $\theta_{\text{зен}} = 0°..40°$.

Ещё один важный технологический параметр световозвращателей – это погрешность изготовления двугранного угла. При внесении этой погрешности дифракционное пятно Эйри разделится на несколько максимумов (от 2 до 6) [3]. Однако при малых погрешностях разделением на максимумы можно пренебречь в том случае, если величина углового отклонения максимумов от центра пятна Эйри значительно меньшие самого радиуса пятна Эйри. В нашем случае допустимая погрешность всех трех двугранных углов составляет не более 2’’. При такой погрешности обеспечивается распределение интенсивности в дальней зоне с числом Штреля 0,6 (оптимально > 0,5), а коэффициент корреляции с распределением интенсивности от идеального световозвращателя – 0,977 (оптимально > 0,95).

Список литературы

1. Degnan J.J. A tutorial on retroreflectors and arrays used in satellite and lunar laser ranging // Photonics. 2023. V. 10. № 11. Pp. 127-143.
2. Карасик В.Е. Локационные лазерные системы видения. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. 478 с.
3. Башкатов Г.В., Животовский И.В. Анализ показателя световозвращения уголкового ретрорефлектора //Лазеры в науке, технике, медицине: сборник научных трудов XXXIV Международной конференции (Москва, 14–16 ноября 2023 года). Москва: Московское НТО радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. 2024. С. 113-117.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕМЕНТЫ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ»

УДК 62.523.2

ШАРНИР МАНИПУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТЬЮ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ

Асатрян М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
armenovna2018@yandex.ru
Научный руководитель: Перминова Е.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Научный консультант: Калинин А.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Сейчас в мире ведутся активные исследования методов проектирования шарниров, обладающих механизмом регулировки жесткости, так как такие шарниры позволят создавать манипуляторы с улучшенными техническими параметрами и уникальными возможностями, особенно востребованными в ситуациях, требующих высокой точности, безопасности и аккуратности при контакте с окружающей средой, например, при совместной работе роботов и людей в общем пространстве.

Ключевые преимущества механической упругости в шарнирах: смягчение последствий ударов, снижение инерции при столкновениях и минимизация ударных нагрузок на приводные компоненты шарнира, повышение энергоэффективности при выполнении повторяющихся движений.

В зависимости от принципа работы привод с переменной жёсткостью можно разделить на следующие типы [1]:

1. С переменным плечом
2. Со специальной изогнутой поверхностью, как в шарнир DLR Floating Spring Joint (FSJ) [2]
3. С изменяемым количеством упругих элементов

Наиболее близким аналогом (выбранным в качестве прототипа) является разработка Variable stiffness joint for rehabilitation robot [3]. Данный шарнир имеет специальную изогнутую поверхность в виде эллипса. Размер: 500×110×137,5 мм, выходной крутящий момент 14 Н·м, жёсткость изменяется от 0 до 35 Н·м/рад.

Принцип работы: выход двигателя соединён с планетарным редуктором. Выходной вал редуктора приводит во вращение пару шестерён, шестерни приводят во вращение трапециевидный ходовой винт, гайка ходового винта перемещается вперёд, пружина сжимается, а затем кулачок вращается для регулировки жёсткости соединения.

Недостаток данной разработки – это большие габариты, из-за чего конструкция робота манипулятора увеличивается, что является не желательным. Так же минусом является использование пружины с большой жёсткостью 88 Н/мм, что не технологично.

Цель моей разработки – это увеличение пределов изменения жёсткости конструкции, при уменьшении габаритов. Это достигается путём использования двигателя с полым ротором, как в шарнире FSJ [2]; волнового редуктора, благодаря которому можно достигнуть больших крутящих моментов на выходе, при этом габариты сильно не изменяются; увеличения количества пружин до 4-х.

В конструкции имеется два модуля: основной, который обеспечивает заданный выходной момент и скорость, модуль переменной жёсткости, который обеспечивает изменение диапазона жёсткости.

Основной модуль состоит из исполнительного двигателя с полым ротором под который изготавливается вал. Данный вал соединяется с дисковым генератором волн, который за счёт эксцентриситета, вызывает деформацию жёстко закреплённого гибкого колеса, который в

свою очередь приводит во вращение жёсткое колесо, через которой передаётся момент на выходной вал.

Модуль переменной жёсткости представлен двигателем постоянного тока, который через зубчатую передачу передаёт вращение на винт, в результате чего гайка начинает перемещаться возвратно-поступательно, тем самым изменяя натяжение пружин, так как гайка соединена с 4-мя пружинами. Пружины связанные с роликами. Ролики опираются на специально изогнутую поверхность в виде эллипса, которая находится на поверхности жёсткого колеса. Поэтому при вращение жёсткого колеса ролики начинает двигаться по поверхности эллипса, тем самым изменяя жёсткость конструкции.

В итоге высота конструкции 182 мм, а диаметр 92 мм. Выходной крутящий момент 14 Н·м, жёсткость изменяется от 18 до 48 Н·м/рад.

Список литературы

1. Vasiliev A., Shardyko I., Kopylov V. Variable rigidity modular joint for manipulators of robotic system // Izvestiya SFedU Engineering Sciencts. 2023. DOI:10.18522/2311-3103-2023-1-198-215.
2. Wolf S., Feenders J.E. Modeling and benchmarking energy efficiency of Variable Stiffness Actuators on the example of the DLR FSJ // IEEE-RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (Daejeon, 09-14 October, 2016): Conference paper. 2016. Pp 529–536. DOI: 10.1109/IROS.2016.7759104.
3. Hu B., Lu S., Mao B., Yu H. Design and torque control base on neural network PID of a variable stiffness joint for rehabilitation robot // Frontiers in Neurorobot. 2022. DOI: 10.3389/fnbot.2022.1007324.

УДК 62-585.121

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРИВОД КОЛЕСА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ ТЕЛЕЖКИ

Балашов И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
lindorn@bk.ru
Пылёв М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
matveypylev@yandex.ru
Старцев А.И., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
starcev.2004@bk.ru
Научный руководитель: Перминова Е.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Переключение передач, используемое для преобразования скорости в момент, распространено в силовых приводах, но ограничено в компактных устройствах. Существуют механизмы с разным количеством скоростей – двухскоростной, трехскоростной [1] и т. д. В работе рассматриваются три схемы: одна для машиностроения и две для приборостроения. Это позволило адаптировать переключение передач к различным задачам и устройствам.

КПП (коробка переключения передач) вместо аппаратного регулирования используется для того, чтобы обеспечить электродвигателю номинальный режим работы на всех скоростях движения. Таким образом достигается оптимальный режим работы двигателя. Также в условиях высокой загрязненности (электронные компоненты хуже охлаждаются, и из-за этого высок риск выхода их из строя) такая конструкция более надёжна.

Первый механизм - машиностроение:

Силовой трехскоростной электропривод разработан для внедрения в роботизированные изделия. Концептуально привод состоит из редуктора и коробки передач. В коробке передач

для переключения используются два шаговых двигателя, которые через передачу винт-гайка перемещают штоки с вилками. Вилка, в свою очередь, перемещает муфту синхронизатора, тем самым обеспечивая включение необходимой передачи. Привод рассчитан на максимальный момент 10 Н*м (первая передача).

Второй механизм - приборостроение:

Предложенный трёхскоростной привод реализует механизм переключения передач с использованием синхронизаторов иной конструкции. В применяемых синхронизаторах имеются зубцы или выступы на боковых поверхностях, благодаря которым производится их зацепление с зубчатыми колёсами. Как результат, обеспечивается синхронное вращение двух звеньев.

Переключение скоростей реализовано с помощью реечной передачи и пружин сжатия. Реечная передача приводится в действие отдельным двигателем.

Третий механизм - приборостроение:

Разработан компактный трехскоростной привод с быстрым переключением скоростей с помощью перемещения двух синхронизаторов (управление - реечной передачей, контроль положения - линейным потенциометром). Колёса коробки передач закреплены на втулки, которые свободно вращаются на валу, с помощью синхронизатора и нейтральной шестерёнки происходит зацепление. Редуктор и привод объединены, защита IP22. Габариты: 120x140x180 мм. Подходит для задач, требующих изменение скорости и невысокий момент. Материалы: алюминий, пластик, сталь.

Применение:

Машиностроительный привод. Данный привод может использоваться для перевозки припасов в опасные места, а также выступать в качестве шасси для автоматических стрелковых установок. Вдобавок, такие привода могут использоваться в роботах-доставщиках для труднодоступных локаций (горы, пересеченная местность).

Приборостроительный привод. Данный привод может использоваться для движения разведывательных малогабаритных роверов, для движения камер видеонаблюдения, а также для конечностей в экзоскелете.

Список литературы

1. Перминова Е.А., Буцев А.А., Иванов С.Е., Нарыкова Н.И. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании. М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2022. 140 с.

УДК 62

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО МАНИПУЛЯТОРА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ, НА БАЗЕ КАФЕДРЫ СМ7

Грезнев П.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
greznevp@gmail.com
Засорин Е.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
zasorinem@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Перминова Е.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Научный консультант: Бошляков А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Целью данной работы является проектирование двух приводов на базе планетарных редукторов для двухзвенного робота-манипулятора.

Новизна работы заключается в способе изготовления и исполнении конструкции редукторов.

Планетарные передачи часто используются в конструкциях промышленных и лабораторных роботов. Примером является манипулятор японской компании Fanuc LR MATE, который широко используется в области автоматизации [1]. Он стал прототипом двухзвенного робота для лабораторных работ. Спроектированный робот имеет небольшие габариты и конструкцию, включающую в себя приводы на базе планетарных редукторов.

Манипулятор спроектирован с открытым корпусом, что обеспечивает легкий доступ к узлам для изучения и обслуживания. Подобная конструкция снижает общий вес системы, уменьшая нагрузку на двигатели.

Планетарные редукторы будут изготовлены с использованием технологии 3D печати. Этот метод позволяет обеспечить взаимозаменяемость деталей редуктора, что снижает расходы на изготовление и обслуживание манипулятора. Эпициклическое колесо всего редуктора печатается единой деталью с целью устранения люфта отдельных пластин и увеличения общей прочности конструкции, а в конструкции валов водила под сателлиты будут использоваться винты, выполняющие роль жесткого стержня.

Основной характеристикой зубьев является модуль, который фактически определяет их размер. Для всех колес он был выбран равным 1 мм, так как зубья с модулем меньше не могут быть напечатаны с сохранением эвольвентного профиля и требуемой прочности.

Наиболее распространенные материалы для аддитивного производства – ABS, PLA и нейлон. Однако по расчетам ABS и PLA не подходят для данной задачи из-за недостаточной жесткости [2]. Нейлон был выбран в качестве основного материала, так как он обеспечивает необходимую прочность и устойчивость к нагрузкам

Для сборки редукторов были использованы стандартные изделия, такие как подшипники, винты, гайки, шайбы и стопорные кольца. Сочетание стандартных и вновь разработанных, изготовленных с использованием технологии 3D печати, изделий позволяет получить экономически оптимальную конструкцию.

Список литературы

1. Datasheet робота-манипулятора LRMate 200iD/7L. URL: https://www.fanuc.eu/~/media/files/pdf/products/robots/robots-datasheets-en/lr-mate/datasheet%20lrmate-200id-7l.pdf?la=en (Дата обращения 24.04.2025).
2. Козырев В.В. Планетарные редукторы в составе роботов и мехатронных систем: учебное пособие. Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2008. 47 с.

УДК 629.78

РАЗРАБОТКА ПРИВОДА ПЛЕЧА КОСМИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА

Мароян Ю.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
julia55578@mail.ru
Научный руководитель: Перминова Е.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Научный консультант: Зеленцов В.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Производство в космосе становится все более актуальным, потому что **условия невесомости** позволяют получать материалы с уникальными свойствами (например, выращивание **идеальных кристаллов** полупроводников для микроэлектроники, получение сверхчистых сплавов и сплавов несмешиваемых на Земле материалов, а также получения лекарственных препаратов высокой чистоты и лекарств с уникальной структурой) [1].

Создание космических производств требует автоматизации процессов, происходящих на орбитальных станциях. Одной из ключевых задач является перемещение грузов, таких как

контейнеры с сырьем и готовой продукцией, между зонами их хранения, технологическим оборудованием и транспортными кораблями. Для этих целей необходимо разрабатывать специализированные манипуляционные роботы для внутрикорабельной деятельности, что позволит реализовать производство в космосе с минимальным влиянием человеческого фактора на критичную для производства среду невесомости и откроет новые возможности для промышленного освоения космического пространства.

Автором разработан привод плеча манипулятора, который обеспечит перемещение полезной нагрузки массой до 30 кг с максимальной скоростью 0,05 рад/с и максимальным ускорением 0,05 рад/с^2 при длине манипулятора 2 м. Анализ существующих конструкций космических манипуляторов выявил, что все они имеют габариты, не подходящие для внутрикорабельной деятельности, и предназначены для работы в открытом космосе с грузами, обладающими значительно большей массой. В то же время, основные конструкторские решения, использованные в шарнирах данных манипуляторов, такие как бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ), планетарный редуктор и тормозная электромагнитная фрикционная муфта, были положены в основу разрабатываемого привода.

Разработанный привод включает в себя:

1) бесколлекторный двигатель постоянного тока;
2) четырехступенчатый планетарный редуктор;
3) тормозную электромагнитную муфту для обеспечения безопасности манипулятора;
4) оптический энкодер с точностью ±1 угловой минуты в качестве датчика абсолютного положения шарнира системы управления манипулятора.

Применение БДПТ исключает проблемы, характерные для других типов двигателей: отсутствие коллекторного узла позволяет использовать двигатель в безвоздушных средах и космосе. Кроме того, отсутствие щеток исключает быстрый износ двигателя, повышая его долговечность. Данное преимущество особенно критично в условиях, где невозможен частый технический контроль и обслуживание привода. Системы энергопитания космических аппаратов обеспечивают питание постоянным током, соответственно, двигатель должен использовать постоянный ток. Шаговые двигатели обладают низким соотношением момента к массе и энергетически неэффективны. Важным преимуществом БДПТ является электронная коммутация, которая позволяет точно регулировать момент и скорость вращения. В манипуляторе важно плавное перемещение грузов без рывков, и БДПТ лучше справляется с этой задачей.

В качестве механической передачи была выбрана планетарная вследствие ее компактности при одновременной высокой нагрузочной способности - планетарный механизм позволяет передавать значительные моменты в ограниченном объеме. Конструктивная особенность с распределением нагрузки между несколькими сателлитами обеспечивает высокую надежность: при выходе из строя одного сателлита система сохраняет работоспособность за счет остальных. Также следует отметить высокий КПД передачи (до 98% на ступень). При разработке использовано 4 ступени в редукторе, что сделано из соображений разбиения общего передаточного отношения редуктора ($i_0 = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{вых}}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вых}}} = \frac{2983 \cdot 3{,}14}{30 \cdot 0{,}05} = 6244$) по ступеням: передаточное отношение каждой ступени (при их идентичности) получилось равным 8,9 [2].

Тормозная электромагнитная муфта обеспечивает фиксацию шарнира манипулятора в режимах, когда манипулятор не выполняет активных перемещений.

В результате проектирования получена твертодельная CAD-модель и разработана конструкторская документация привода плеча космического манипулятора. Разработанный привод плеча манипулятора соответствует предъявленным к нему требованиям технического задания и в дальнейшем будет использован при разработке манипулятора для внутрикорабельной деятельности в целом.

Список источников
1. Гришин С.Д., Лесков Л.В., Савичев В.В. Космическая технология и производство. М.: Знание, 1978. 64 с.
2. Планетарные передачи: справочник. / Под ред. докторов техн. наук В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-е), 1977. 536 с.

УДК 621.865.8

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ СХВАТОМ ПИНЦЕТА

Попова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
popovaanna04@yandex.ru
Руководитель проекта: Перминова Е.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Научный консультант: Малинский А.О., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В условиях высокого темпа роста современной электронной промышленности возникает потребность в производстве электронных модулей. Одной из ключевых задач является монтаж электронных компонентов на печатные платы. Это сложный этап, требующий высокой точности и скорости работы. Ручная и полуавтоматическая сборка в данном случае является неэффективной, поэтому на производстве применяются автоматические установщики портального типа [1].

Цикл сборочного автомата состоит из следующих операций: выбор компонента определенного типа и номинала из накопителя (обычно компоненты поставляют в лентах), перемещение к печатной плате, установка компонента на печатную плату с заданной точностью. В автоматах портального типа эти функции выполняет «рука робота», включающая в себя одно- или многошпиндельную рабочую головку, перемещаемую в горизонтальной плоскости.

Для захвата компонентов и размещения их на печатной плате обычно используют специальные вакуумные машины pick and place, однако их применение имеет ряд недостатков: сложность конструкции (вакуумопроводы, насосы и фильтры для поддержания вакуума), необходимость использования сопел разного диаметра для компонентов различных размеров, что увеличивает стоимость и время настройки оборудования [2].

Пинцет, в отличие от вакуумного сопла, является универсальным инструментом, способным захватывать компоненты практически любого размера без замены рабочих элементов, а также он способен работать в условиях запыленности и вибраций, что важно для работы на производстве. Поэтому была поставлена цель: разработать устройство для автоматизации схвата пинцета.

Разработанное устройство обеспечивает:

1. Компактность конструкции, что позволяет интегрировать его в существующие станки для пайки печатных плат;
2. Быстрое смыкание губок пинцета (до 1 секунды), что соответствует требованиям высокой производительности;
3. Универсальность за счет адаптивного захвата, исключающего необходимость замены инструмента для компонентов разного размера.

Разработанная конструкция состоит из шагового двигателя FL20STH42-0804A, развивающего крутящий момент и передающего его через одноступенчатую прямозубую цилиндрическую зубчатую передачу (мультипликатор), состоящую из шестерни с числом зубьев $z = 36$ и двух зубчатых колес с числом зубьев $z = 31$, на передачу винт-гайка, которая представляет собой два вала и скобу со сдвоенной гайкой, и преобразует вращательное

движение вала в поступательное движение скобы, которая замыкает и размыкает пинцет. Ограничение рабочего хода схвата обеспечивается программным управлением шаговым двигателем с фиксацией крайних положений по количеству шагов. Пинцет осуществляет схват компонента и размещение его на печатной плате. Разработанная конструкция обеспечивает усилие на выходном звене $F = 5$ Н, скорость перемещения скобы $v = 0.04$ м/с и смыкание/размыкание пинцета за время $t = 1$ с.

Автоматизированный пинцетный схват предлагает эффективную альтернативу вакуумным соплам, сокращая затраты на оборудование и время настройки. Его внедрение позволит повысить гибкость и скорость производства, что особенно важно для отечественных предприятий электронной промышленности.

Список литературы

1. Богачек Г.Д., Букрин И.В., Иевлев В.И. Технология поверхностного монтажа. Автоматическая установка компонентов: учебное пособие / Под общ. ред. В.И. Иевлева. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 104 с.
2. Gokulnath A.R., Chandrakumar S., Sudhakar T.D. Open Source Automated SMD Pick and Place Machine // Procedia Computer Science. 2018. V. 133. Pp. 872–878. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.107.

РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ»

СЕКЦИЯ «ИСТОРИЯ»

УДК 93/94

ЛЕНД-ЛИЗ В ИСТОРИИ ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Богатова Я.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Аэрокосмический»
byaroslava@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Щербакова О.М., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Изучение современной российской историографии, посвященной экономическим вопросам, в том числе осуществлению программы ленд-лиз, позволяет утверждать, что проблематика имеет большое научное значение и исследовательские перспективы. Напомним, что в 1990-е- гг. - в начале 2000-х гг. шла острая дискуссия. Сторонники первой точки зрения критически относились к факту западных поставок, нивелировали их значение. Противоположную позицию занимали оппоненты, которые утверждали, что ленд-лиз принес сражающемуся СССР значительную пользу. Государственную программу – ленд-лиз разработало правительство США. Получателями явились Великобритания, страны Британского сотрудничества, Китай. Советский Союз стал реципиентом в ноябре 1941 г., но официальный статус приобрел только 11 июня 1942 г. Поставки предоставлялись с отсрочкой платежа.

В настоящее время научные споры приобрели конструктивный характер. Опираясь на серьезный массив источников, историки углубляют свой взгляд на проблему. Стоит выделить период 2010-2025 гг., особенность которого состоит в том, что к изучению тематики подключились экономисты, политологи, философы, лингвисты, социальные антропологи. Это позволяет значительно расширить и углубить знания о взаимодействии СССР и союзников в ходе Второй мировой войны [1].

Остановимся на тех направлениях, которые в настоящее время активно разрабатываются научным сообществом.

Продолжено изучение начального взаимодействия СССР и США. Анализ источников позволил выявить ряд проблем, тормозивших поставки: медленное развитие производства в США, военные неудачи в защите колоний, ограниченные возможности Советского Союза по получению и транспортировке грузов. Благодаря исследованиям А.Х. Паперно, Гудкова И.А., Красавцева Л.Б., Ливенцева Д.В., Ткачева Г.А. расширились представления о Тихоокеанском маршруте. А. Ю. Котляров, В. Р. Котельников, Борисов В.А., Иванченков В.Н., Соков И.А., Горелов И.И. углубили знания об авиатрассе. Началось последовательное изучение иранского маршрута (Красноженова Е.Е., Магомедханов В.М., Оришев А.Б.)

Следует отметить, что современная историография приступила к изучению связи выполнения ленд-лиза и дальнейшего развития советской промышленности (Осьмачко С.Г., Артамонова О.А., Попов Г.Г., Гапонов О.И., Строева Н.А., Акинфеев Н.В., Зайкина Т.В.). Значительный вклад внесли работы И.В. Быстровой, которая изучила контакты американской и советской стороны, прежде всего работу Правительственной закупочной комиссии, сотрудники которой выезжали в Америку, активно общались со специалистами предприятий. Поставки по ленд-лизу помогали восстанавливать разрушенную советскую промышленность на новой технической основе [2].

Современная историография скрупулезно проанализировала перечень поставок в СССР (Мельников Н.Н., Зимонин В.В., Половецкий С.Д., Осмачко С.Г., Артамонова О.А., Яргульян В.И.). Общая сумма колеблется в пределах от 11 миллиардов до 12 миллиардов (4% от

Валового продукта народного хозяйства СССР). В связи с эти встает вопрос о значимости полученного. В настоящее время ученые полагают, что помощь была существенной. Вместе с тем, СССР, в свою очередь, поставлял американцам полезные ископаемые, делился военно-техническими наработками. Приведем лишь один пример: американским специалистам был предоставлены технологии изготовления пороха для «Катюши», что позволили им продвинуться в деле вооружения своей армии.

В научной литературе показано, как западная пропаганда сначала объявила ленд-лиз и Второй фронт определяющими составляющими победы над фашизмом, а затем дошла до отрицания роли СССР в деле уничтожения врага. Российские историки, не принижая значения ленд-лиза, убедительно показывают, что геополитические интересы США были важнейшей причиной оказания помощи советской стороне.

Сообщество российских исследователей отмечает, что опыт всех участников антигитлеровской коалиции имеет огромное значение [3]. Международный характер программы ленд-лиза позволяет рассматривать ее как пример межкультурного диалога и конструктивных международных отношений, что представляется весьма ценным в условиях развития глобализации, которая сопровождается ростом национализма и ксенофобии в ряде регионов мира.

Список литературы

1. Волков В.А. К вопросу об интерпретации программы помощи США Советскому Союзу в период Второй мировой войны (Ленд-лиза) в современной российской историографии // Известия лаборатории древних технологий. 2023. Т. 19. № 2 (47). С. 149-157.
2. Быстрова И.В. Роль программы Ленд-лиза в мобилизации экономики СССР в годы Великой Отечественной войны // Экономическая история: ежегодник. 2020. С. 279-300.
3. Акинфеев Н.В. Вклад ленд-лиза в военную экономику СССР в период Великой Отечественной войны // Новые информационные технологии в телекоммуникациях и почтовой связи. 2023. № 1. Т. 1. С. 227-228.

УДК 94(47+57)”1941-1945”

БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИЯ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ: ПРОЕКТЫ, КОНСТРУКТОРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

Домнин Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
xxskyquakexx28@gmail.com
Научный руководитель: Аляева Л.А., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Актуальность исследовательского интереса к изучению, разработке и применению беспилотных воздушных судов (БПЛА) не подвергается сомнению. Она определена крайней заинтересованностью вопросами развития БПЛА военного назначения в условиях проведения Специальной военной операции и практически полным отсутствием систематизированных сведений об истории разработки, конструкторах, типах беспилотных судов в разное время и их применении. Предварительно следует отметить, что на сегодняшний день термин «беспилотный летательный аппарат (БПЛА)» является дискуссионным. Наиболее широкое определение – «воздушное судно, выполняющее полёт с целевой нагрузкой без пилота на борту; дистанционно управляемое из определённого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса или запрограммированное и полностью автономное» – предлагает классифицировать БПЛА по назначению: гражданское и военное. В случае последнего расшифрованы задачи, которые они выполняют: разведка, нанесение ударов по наземным и морским целям, перехват воздушных целей, постановка радиопомех, управление

огнём, ретрансляция сообщений и данных, доставка грузов и пр. [1]. Очевидно, что с ростом современной востребованности БПЛА военного назначения, становится необходимым проведение исторического анализа тенденций развития авиационной науки и техники в этой сфере. Особый интерес для исследователя представляет история зарождения отечественных беспилотных воздушных судов и их военное применение в годы Великой Отечественной войны, а также сравнение тактико-технических характеристик (ТТХ) с иностранными аналогами того времени. Следует задуматься и о возможности сравнения исторических инженерных решений с современными конструкциями БПЛА.

Представляется важным рассмотреть историю возникновения идеи беспилотного воздушного судна. Установлено, что впервые идея беспилотного воздушного судна была реализована в виде радиоуправляемой модели Н. Теслы (1856-1943) и представлена в сентябре 1898 года на ежегодной электрической выставке в Нью-Йорке. Позднее, американским инженером Ч. Кеттерингом (1876-1958) был создан один из первых воздушных аппаратов военного назначения без пилота на борту – предшественник крылатых ракет [2].

В предвоенные годы и в годы Второй мировой войны многие государства, в том числе СССР, США и Германия, интенсивно разрабатывали новые типы военной авиации, такие как «самолеты-снаряды» и «низкопланы», которые наводились на цель пилотом с самолета управления посредством радиосигналов или инфракрасных лучей. Идею применения планирующих торпед против кораблей и морских баз в 1933 г. предложил советский инженер Соломон Федорович Валк. В 1935 году «Особое конструкторское производственное бюро» создало первый опытный образец ПСН-1 («планер специального назначения»). Аппарат вооружался торпедой или взрывчаткой и подвешивался к крылу бомбардировщика ТБ-3. После взлёта, планер отцепляли и наводили на цель с помощью инфракрасного луча. В августе 1935 года на одном из озёр под Новгородом начались испытания таких беспилотников. Но особых результатов достичь не удалось. Работами по созданию радиоуправляемых самолетов-снарядов некоторое время до 1940 г. занималось Особое техническое бюро по военным изобретениям специального назначения (Остехбюро), руководимое Владимиром Ивановичем Бекаури (1882-1938).

Один из разработанных образцов был применен в ходе Ржевско-Вяземской операции, которая проводилась в период с января по апрель 1942 года. Её цель заключалась в том, чтобы предотвратить наступление гитлеровской Германии на Москву, уничтожив основные силы вермахта (группу армий «Центр»). В этих сложных условиях и проходило первое испытание ТБ-3 (радиоуправляемого самолета-снаряда). По замыслу конструкторов управляемый с самолета сопровождения ТБ-3 должен был уничтожить железнодорожный узел Вязьма. Выполнить боевую задачу не удалось, т.к. при подлете к объекту поражения антенна самолета ДБ-3 была повреждена артиллерийским снарядом и ТБ-3 потерпел крушение в тылу немецких войск.

В результате проведенного сравнительного исследования самолетов-снарядов СССР, Германии и США удалось установить, что в 1940-е годы советские и союзнические разработки находились только на этапе своего зарождения. Попытки принять на вооружение существовавшие тогда экспериментальные образцы не увенчались успехом по большей части из-за неудачных испытаний. Германия, наоборот, преуспела в разработке беспилотников военного назначения, создав инновационное и смертоносное оружие и выйдя на новый виток развития военной авиации. Следует отметить, что советские экспериментальные БПЛА могли превосходить германские самолеты-снаряды по некоторым параметрам, но эффективность в бою доказали только германские образцы. Анализируя исторические системы БПЛА, нетрудно заметить, что современные российские инженеры отошли от концепции управляемого планера [3]. По данным открытых источников, на сегодняшний день успешно применяются БПЛА типа «барражирующий боеприпас» (или дрон-камикадзе). Наиболее заметным отличием «барражирующих боеприпасов» от «планеров специального назначения»

является способность первых длительное время находиться в воздушном пространстве независимо от другой авиационной техники.

Список литературы

1. Игнатов С.Ю. Понятие, виды и функции беспилотных воздушных судов // Наука и образование сегодня. 2023. № 2 (76). С. 3-6.
2. Вытовтов А.В., Калач А.В., Сазанова А.А., Лебедев Ю.М. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов // Вестник Белгородского государственного технического университета им. В. Г. Шухова. 2016. № 2. С. 87-90.
3. Павлов Р.А., Савельев К.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в современных военных конфликтах // Молодой ученый. 2022. № 51 (446). С. 48-50.

УДК 32.019.5

КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА: ПРАВОВЫЕ, ИСТОРИЧЕСКИЕ, ВОЕННО-СТРАТЕГИЧЕСКИЕ, МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСИКИЕ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АРГУМЕНТЫ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ РОССИИ.

Козярская С.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
Sofiyak7@yandex.ru
Научный руководитель: Шевчун В.Н., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Курильские острова (Шикотан, Итуруп, Кунашир, Хабомаи) - цепь вулканических островов между Камчаткой и Хоккайдо, которые на протяжении десятилетий являются предметом территориального спора между Россией и Японией. Вопрос их принадлежности важен для международных отношений, безопасности Дальнего Востока и исторической справедливости.

Правовые аргументы:

Симодский трактат 1855 года. Согласно документу, к Японии отходили острова Итуруп, Кунашир, Шикотан и о-ва Хабомаи, остальное же признавалось владениями России. Однако данный трактат был временным и аннулирован последующими соглашениями начиная с 1875 г.

Санкт-Петербургский договор 1875 года. Россия получала полный контроль над всем Сахалином при этом Курильские Острава отходили Японии. Однако в виду быстро развивающейся ситуации уже в 1905 г. утратил свою силу.

Ялтинское соглашение 1945 года в сочетании с Потсдамской декларацией и Актом о капитуляции Японии является ключевым международно-правовым основанием принадлежности Курильских островов России. Эти документы закрепили переход Курильских островов к СССР как компенсацию за вступление в войну с Японией [3].

Сан-Францисский мирный договор (1951) подтверждает отказ Японии от прав на Курильские острова.

Советско-японская декларация 1956 года предусматривала передачу Шикотана и Хабомаи Японии только после заключения мирного договора, который так и не был подписан из-за военного союза Японии с США.

Россия ссылается на принцип неприкосновенности границ и эффективное владение территориями более 77 лет.

Исторические аргументы:

– Первое освоение Курильских островов осуществили русские землепроходцы (Атласов, Анциферов, Козыревский, Шпанберг) в XVII–XVIII веках [1].

– Указ Екатерины II 1786 года официально включил Курильские острова в состав Российской империи. Также карты конца XVIII века фиксируют Курильские острова как российские территории.

Военно-стратегические аргументы:

Контроль над Курильскими островами обеспечивает безопасность Дальнего Востока и полный контроль над акваторией Охотского моря. Острова служат естественным барьером, защищая российские морские границы и обеспечивая свободу навигации для Тихоокеанского флота. Военная техника, расположенная на островах, обладает высокой скоростью реагирования и защищает Дальневосточную часть России.

Морально-этические и эмоциональные аргументы:

В 1945 году в операциях по освобождению Островов погибло более 1 500 человек, ради памяти их подвигу острова должны оставаться территорией РФ

На островах проживают 88% от общего населения островов русскоязычные граждане РФ со своей религией, традициями, а в истории Японии были попытки ассимиляции коренных народов.

В 2019 г. с 11 по 17 февраля был проведен опрос Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ), согласно которому 96% из опрошенных граждан заявили, что острова, на которых они живут должны оставаться территорией России [2].

Политика России направлена на сохранение природных ценностей островов (заповедных зон), а вот проекты Японии больше наценены на промышленное освоение земель, что означает утрату уникальной флоры и фауны.

Вывод:

Международное право не даёт однозначного решения, однако Россия опирается на действующие соглашения, принцип нерушимости границ и эффективный контроль территорий. В то Японская аргументация строится на соглашениях, давно утративших силу.

Таким образом, комплекс правовых, исторических, военно-стратегических, морально-этических и эмоциональных аргументов подтверждает, что Курильские острова, включая Шикотан, должны оставаться в составе России. Пересмотр итогов Второй мировой войны и передача островов Японии противоречит международным соглашениям и интересам безопасности России.

Список литературы

1. Курильские острова (история спорных территорий). URL: https://www.spsl.nsc.ru/history/descr/kuril.htm (Дата обращения 05.05.2025).
2. Официальный сайт Политической партии «Партия Возрождения России» // Курилы в составе России или Японии? URL: https://xn--b1aze.xn--p1ai/news/article/kurily-v-sostave-rossii-ili-yaponii-17285 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. URL: https://www.prlib.ru/item/2023133 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 662.3

ИСТОРИЯ ОРУЖЕЙНОГО ПОРОХА: ОТ «ПОТЕШНЫХ ОГНЕЙ» ДО АВТОМАТА КАЛАШНИКОВА

Лозников Д.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
d_loznikov@mail.ru
Научный руководитель: Божич А.С., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

В данной работе рассмотрены факторы, позволяющие оценить историческое значение введения пороха в сфере разработки и использования огнестрельного оружия. Рассмотрены недостатки и преимущества различных видов порохов и эффект влияния появления бездымного пороха на оружейную индустрию.

Самым первым, исторически достоверным взрывчатым веществом, был черный порох (дымный порох) и был известен в Китае уже к 10 веку.

У данного пороха имеется несколько недостатков: выдает место своего использования (демаскирует), достаточно слаб по отношению к другим взрывчатым веществам. В тоже время у него есть неоспоримые преимущества: куда больший срок хранения, слабая чувствительность к изменениям температуры воздуха, легкость и дешевизна производства. К тому же он более безопасный при его активном применении.

Вначале порох применялся в увеселительных целях («Потешные огни» и первое подобие ракет) или как лекарственное средство. Дымный порох и по сей день активно применяется в пиротехнике. Первое его боевое применение относится к 1259 году в Китае. Первое «стрелковое оружие» - копье яростного огня. В течении нескольких столетий по всему миру появлялись первые пушки и огнестрельное ручное оружие: в 12 веке в Китае и на Ближнем Востоке, и в 14 веке в Европе.

Так, вплоть до середины 19 века дымный порох являлся незаменимым, пока на смену ему не пришел бездымный порох, лишенный основных недостатков черного (дымного) пороха.

Бездымный порох — групповое название метательных взрывчатых веществ на основе нитрата целлюлозы, используемых в огнестрельном оружии и артиллерии, в твердотопливных ракетных двигателях, которые при сгорании не образуют твердых частиц (дыма), а только газообразные продукты сгорания, в отличие от дымного пороха. В отличии от дымного пороха, который при правильном хранении может сохраняться чрезвычайно долго, бездымный – не более 20 лет. Но бездымные пороха технологичнее дымных.

Самый первый бездымный порох был открыт химиком Полем Вьеллем на основе нитроцеллюлозы. Названный им «poudre blanche» - «порох белый», в качестве антипода черному пороху, он выдавал значительно лучшие характеристики по сравнению с первым. Его первым массовым использование стал патрон 8x50R Лебель, для винтовки Fusil Modèle 1886 Lebel, принятой на вооружение в 1886 году во Франции.

Через пять лет, 23 января 1891 года русский химик Дмитрий Иванович Менделеев открывает порох на основе пироколлодия, но, к большому сожалению, в России это открытие не найдет успеха из-за того, что на промышленные рельсы встанет французское творение. Однако этот порох был востребован в США: в армии и флоте. [1]

Одним из преимуществ бездымного пороха является устранение главной проблемы на пути к автоматическому оружию: быстрого загрязнения канала ствола и основных частей. Это позволило в 1947 году русскому изобретателю М. Т. Калашникову изобрести простой и неприхотливый автомат, АК – 47. Модель на его базе, АК – 74, стал самым массовым огнестрельным оружием мира.

Историк С. М. Соловьев утверждает, что огнестрельное оружие применялось уже в августе 1382 года при осаде Москвы войсками хана Тохтамыша. Однако в России пороховое

дело активно начало развиваться к 16 веку. Отмечается активное строительство заводов, поиск новых рецептов, совершенствование технологий производства. В это время он особенно часто применялся в военном деле при осаде крепостей в качестве взрывчатки для подрыва укреплений.

Россия вела разработки и к 19 веку предоставила миру пластинчатый порох для патронов и ленты пироксилинового пороха для орудий. Важное открытие совершил наш ученый Л.Н. Шишков В 1857 году он изобрел способ разобраться с важной проблемой дымного пороха: демаскировкой из-за дыма. Правда, открытый немногим позднее бездымный порох вытеснил это открытие на страницы истории, так как оно не решало главную проблему бездымного пороха: его малую силу взрыва в сравнении с бездымным порохом.

В стране были открыты новые заводы и фабрики, налажено производство бездымного пороха. В целом вся отрасль по своему масштабу, техническим новшествам и темпам развития превосходила аналогичную сферу в Западной Европе. [2]

Таким образом, подводя итог развития порохового производства по всему миру, к концу 19 столетия в мире существовало четыре вида бездымного пороха: пироксилиновый, пироколлодийный, баллиститный и кордидный, каждый из которых получил распространение в тех странах, где был разработан. [3]

На сегодняшний день исследования в области производства пороха продолжаются и не закончатся в ближайшее время.

Список литературы

1. Косарев И.А. Д. И. Менделеев - создатель бездымного пороха // Успехи в химии и химической технологии. 2009. № 5 (98). С. 109–114.
2. Лосик А.В., Щерба А.Н. Производство пороха в России от его возникновения и до XX в. // Вестник Санкт-Петербургского университета. История. 2008. № 4 (11). С. 74–82.
3. Саяхов Г.И. Значение появления бездымного пороха // Мировая наука. 2020. № 8 (41). С. 141–144.

УДК 94(100) «1914/19»

ПРОПАГАНДА В ГОДЫ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Окишева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергетическое машиностроение»
annaokisheva57@gmail.com
Научный руководитель: Суздалева Т.Р., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Пропаганда как инструмент влияния на общественное сознание имеет длительную историю, охватывающую различные эпохи и культурные контексты [1]. Принципы и цели военной пропаганды остаются практически неизменными: деморализация противника и возбуждение ненависти к врагу. Переломный этап развития пропаганды – рубеж XIX – XX вв. Организационные структуры этого направления появились в годы Первой мировой войны. Примечательно, что пропаганда была в фокусе взаимодействия неправительственных и государственных организаций. В годы Первой мировой войны основными инструментами агитационно – пропагандистской работы стали газеты и печатная продукция. Использование авиации и технических новшеств (специальные артиллерийские снаряды) расширили масштабы этой работы.

Один из общих концептов пропаганды – «образ врага». В годы Первой мировой войны главным противником России была Германия, олицетворением которой стала фигура Вильгельма II. На рекламных щитах размещали плакаты с портретом кайзера, где его лицо было составлено из трупов, а изо рта лилась кровь. Аналогом во Франции стал мясник Гийом

(Guillaume le Boucher) – изображение кайзера с огромным ножом, с которого капает кровь. Он стал популярным объектом для карикатуристов союзных держав, поскольку его было легко изобразить. Немецкие карикатуры изображали Россию в виде «агрессивного медведя», пронзенного оружием. Автор книги «1 августа 1914» Николай Яковлев, опираясь на пропагандистскую литературу времен Первой мировой войны, цитирует и переосмысливает выводы по агитационным брошюрам 1914 –1915 гг.: «Люди 1914 года были потрясены, вести о чудовищных зверствах потоком шли из Бельгии, Франции, России - отовсюду, куда вступал кованый сапог немецкого солдата» [2].

«Подрывная работа» немцев проводилась в ходе братаний, когда распространялась агитационная литература «пораженческого характера», собиралось досье о русских позициях, делались фото братаний, несмотря на запрет. К концу войны противник опробовал новые формы пропаганды: переодевание в форму русской армии для участия в революционных митингах, склонение к сдаче в плен и т.д.

Затягивание военных действий, социально-экономическая нестабильность в стране порождало кризис доверия к власти и способствовало созданию «врага внутреннего». Российский император как верховный главнокомандующий в общественном сознании стал ответственным за отступление русских войск, потерю территории, гибель миллионов людей. Уровень доверия к власти у населения резко упал. Царя обвиняли в немецком засилье.

В массовом сознании укоренялась мысль, что «везде царит измена», что вызвало борьбу с германизмом. На начало Первой мировой войны среди 1,5 тыс. российских генералов немцев было более 20%. Начался процесс увольнения из действительной армии всех этнических немцев. Лиц с немецкими фамилиями стали отчислять в строевые части. Отказались от идеи назначения генерала Плеве командующим фронтом ввиду того, что у него немецкая фамилия [3]. Еще одним проявлением этой компании стало наступление на немецкий язык. Первоначально использование вражеского языка было запрещено в прифронтовых областях, а затем и по всей империи. Ограничения коснулись употребления языка в общественных местах, но вскоре запрет был распространен на школы и церкви. Власти, желая смягчить ситуацию, запретили вести разговоры на немецком языке в публичных местах. Немецкое население, пользуясь расплывчатостью формулировки, продолжало изъясняться на родном языке, ссылаясь на то, что разговор не является демонстративным. Пресса настаивала на полном исключении германского языка из программы обучения, так как «сохранение вражеского языка способствовало распространению германского духа».

Борьба с германизмом и набравшая силу патриотическая пропаганда безусловно воздействовали на читателя. Газеты в годы войны вели целенаправленную работу по поддержанию боевого духа. Здесь можно увидеть хронику боевых действий и едкие карикатуры [3, с. 20]. Во все фронтовые и тыловые воинские части распространялась подобная печатная продукция. Без внимания не оставались и лагеря военнопленных во вражеских странах, что поддерживало их моральный дух. В СССР издавались газеты для немецких военнопленных «Свободное слово», «Свободная Германия». Популярными были газетные интервью героев. Один из них Козьма Крючков: «Меня окружили одиннадцать человек… немец рубанул по пальцам руки… Схватился за шашку и велел работать… Уложил несколько человек… схватил их же пику и ею по одиночке уложил остальных… получил шестнадцать ран».

Средства массовой информации стали рупором патриотического подъема в стране и сами активно участвовали в формировании патриотических настроений.

Список литературы

1. Суздалева Т.Р. Сивова А.Н. Информационная война: этапы трансформации. // Этносоциум и межнациональная культура. 2020. № 7 (145). С. 25–35.
2. Яковлев Н.Н. 1 августа 1914. М.: Эксмо, 2003. 352 с.

3. Гуржий Ю.А. К вопросу о роли прессы в формировании патриотического подъема в России в годы первой мировой войны. // Казанская наука. 2011. № 4. С. 19–21.

УДК 930

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПЛАНОВОЙ ЭКОНОМИКИ ИЛИ КАК ПЛАНОВАЯ ЭКОНОМИКА ПОМОГЛА СССР ПОБЕДИТЬ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

Переладов И.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
Upirek06@mail.ru
Научный руководитель: Галимова Л.Н., д.и.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

После краха социалистической системы в обществе закрепилось мнение, что командная экономика нежизнеспособна. Тем не менее, история знает немало примеров, когда план показывал себя со стороны куда лучшей, чем рынок. Примером может послужить индустриализация СССР 1930-х годов на фоне общемировой экономической депрессии, а также победы СССР в 1942-1943 годах, достигнутые не смотря на огромные экономические потери (большая часть экономически развитой территории находилась в руках врага).

Дело в том, что плановая экономика позволяет государству, благодаря тотальному контролю над хозяйством, проводить различные мероприятия, нарушая традиционные законы экономического развития, искусственно ускоряя или провоцируя различные процессы на искусственном рынке. Именно так СССР в рамках пятилетних планов сумел перескочить через несколько промышленных революций (каждая из которых в истории европейских стран сопровождалась долгими стагнациями и неприятиями новых тенденций), и сформировать современную по тем меркам тяжелую промышленность. Единство и масштабность планирования позволила одновременно возвести множество предприятий, которые в рыночных условиях возводились последовательно, строго одно за другим. А подконтрольность государству позволила привлечь средства из других отраслей (из сельского хозяйства, например [1]), сфокусировать развитие на стратегически важных для страны отраслях: тяжелая промышленность, основа ВПК [2].

Негативные эффекты заключались в тоталитарности экономики: ошибки на местах не исправлялись из-за принудительности процесса, недовольных и несогласных не слушали. Это приводило к перегибам на местах при раскулачивании и коллективизации, простаиванию заводов, неверной эксплуатации оборудования, высокому проценту брака, неэффективным технологиям. В долгосрочной перспективе тоталитарность администрирования вытекала в стагнацию, вызванную отсутствием у рабочих стимула и возможности улучшать технологию производства, качество продукции. Все эти факторы в итоге привели к меньшим темпам роста уровня жизни населения, распространения и внедрения социально-экономических тенденций (как следствие – развитие экономики и перспективных ее отраслей в целом) в сравнении с теми же показателями при рыночной экономике.

При этом накопленный к 1941 году богатейший опыт макроэкономического планирования позволил СССР провести глобальную эвакуацию промышленности на восток, грамотно и быстро мобилизовать экономику: уровень производства военной продукции при всеобщем упадке вырос едва ли не в 2 раза в сравнении с 1941 годом [3]. Также следует учитывать, что экономические успехи СССР во время войны во многом обусловлены индустриализацией 1930-х годов, ведь именно тогда на Урале была создана металлургическая база и машиностроительный комплекс, который позволил стране позднее разместить на ее фундаменте военную промышленность.

Таким образом, плановая экономика зарекомендовала себя как лучшая система для решения срочных проблем радикальными, быстрыми способами. С другой стороны, в долгосрочной перспективе она оказывает негативное воздействие на социальный фактор экономического развития, и, как следствие, меньше подходит для мирного развития.

Список литературы

1. Земцов Б.Н., Шубин А.В., Данилевский И.Н. История России: учебное пособие для вузов. СПб: Ж Питер, 2013. 414 с.
2. Сталин И.В. Сочинения. В 13 т. М.: Государственное издательство политической литературы, 1951. 5808 с.
3. СССР в цифрах : Краткий стат. Сб. / ЦСУ при Совете Министров СССР. 1967 году / 15 см. .Москва: Госстатиздат, 1960-1968. 746 с.

УДК 93/94

СУ-76 – ОСНОВА САМОХОДНОЙ АРТИЛЛЕРИИ РККА

Шуранов А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
shuranov16bk.ru@yandex.ru
Научный руководитель: Хаванский А.И., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Работы над самоходной артиллерийской установкой СУ-76 стартовали в 1942 году, откликаясь на острую нужду Красной Армии в подвижных артиллерийских платформах. Понеся потери в первые годы войны, Советский Союз испытывал нехватку танков, а имеющиеся САУ (такие как СУ-122) не в полной мере соответствовали запросам по маневренности и простоте производства. 29 января 1942 года появился документ, содержащий тактико-технические требования к проекту универсального самоходного шасси, основу которого должны были составить узлы и агрегаты танка Т-60. Инициатором разработки выступил С.А. Гинзбург, занимавший должность заместителя начальника 2-го отдела НКТП СССР. Согласно этим требованиям, предстояло спроектировать универсальную платформу. На её базе предполагалось создание лёгкого танка, транспортного средства, ЗСУ (зенитной самоходной установки), зенитного танка и самоходной артиллерийской установки, вооружённой 76-мм орудием для поддержки штурмовых операций. В качестве силовой установки предусматривалось применение двух моторов ГАЗ-202, размещённых параллельно друг другу [1]

Первые опытные образцы строились на основе танка Т-60 с пушками калибров 76,2 и 37 мм. САУ успешно прошли испытания. В дальнейшем шасси легкого танка Т-70 послужило основой для СУ-76, но с удлиненным корпусом и усиленной ходовой частью. Первые прототипы (СУ-12) оснащались двумя двигателями, расположенными параллельно, и двумя коробками передач. Такая схема расположения моторов продемонстрировала высокую ненадежность, что было выявлено в ходе первого боевого опыта, однако после испытаний комиссия вынесла решение о принятии САУ на вооружение.

К 1 января 1943 года на заводе №38 была выпущена первая партия самоходных установок СУ-76, насчитывавшая 25 машин.

Из-за проблем с двигателем и трансмиссией, в июле 1943 года производство СУ-76 было остановлено. Общий объем выпуска составил 560 машин данного типа.

С целью устранения недостатков предыдущей версии была разработана модификация СУ-76М с единым двигателем ГАЗ-203 (спарка двух 6-цилиндровых моторов) и упрощенной трансмиссией. Серийное производство было развернуто на заводах №38 (Киров) и №40

(Мытищи). Эта машина полностью отвечала требованиям армии и стала наиболее массовой САУ в РККА в годы войны [2].

СУ-76 представляет собой самоходную артиллерийскую установку (САУ) полуоткрытого типа, где боевое отделение находится в задней части машины. Механик-водитель, топливные баки, силовая установка и трансмиссия были размещены в передней секции бронированного корпуса. Двигатель располагался справа от центральной линии машины. Боекомплект, орудие и рабочие места для командира, наводчика и заряжающего были размещены в боевой рубке, открытой сверху и сзади. СУ-76 имела в своей конструкции силовую установку, состоящую из двух бензиновых четырехтактных рядных шестицилиндровых моторов ГАЗ-202, каждый из которых выдавал 70 лошадиных сил. Самоходные артиллерийские установки поздних серий получали форсированные модификации этих двигателей, развивавшие уже 85 лошадиных сил. Ходовая часть СУ-76М включала индивидуальную торсионную подвеску, предназначенную для каждого из шести опорных катков малого диаметра, расположенных по обе стороны машины. Ведущие колеса находились в передней части, а направляющие колеса, или ленивцы, были идентичны опорным каткам. Основным средством поражения этой самоходной установки была 76,2-мм дивизионная пушка ЗИС-3, отличавшаяся универсальностью применения. Ствол ЗИС-3 насчитывал 40 калибров, оснащался клиновым вертикальным затвором и полуавтоматическим механизмом. Монтаж орудия осуществлялся на станке, который располагался за броневым щитом рубки. Противооткатные устройства были спрятаны под бронекожухом. Для прицеливания использовался стандартный панорамный прицел. Диапазон углов вертикальной наводки простирался от -5 до +15 градусов, а углы горизонтальной наводки достигали 15 градусов в обе стороны [3].

Всего было выпущено более 13 тыс. самоходок СУ-76. Они использовались во время Курской битвы, операции Багратион штурме Берлина. Массовое производство и эффективное использование дало советским пехотинцам результативную поддержку «огнем и колесами». А для советских артиллеристов СУ-76 стала настоящей «рабочей лошадкой» второй половины Великой Отечественной Войны.

Список литературы

1. Пашолок Ю.И. Начало пути к СУ-76. URL: https://yuripasholok.livejournal.com/15347453.html (Дата обращения 05.05.2025).
2. Чубачин А.В. Самоходное орудие СУ-76 и машины на его базе. Бронетанковая техника СССР на службе в Красной Армии. Военная летопись. Бронетанковый музей. Выпуск 8. М.: ООО «БТВ-МН», 2006. 92 с.
3. Козак З.Н. Техническое обслуживание самоходного орудия СУ-76 и танка Т-70. М.: Военное издательство Народного Комиссариата Обороны, 1944. 66 с.

СЕКЦИЯ «СОЦИОЛОГИЯ И КУЛЬТУРОЛОГИЯ»

УДК 316.776

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНЛАЙН-РЕСУРСОВ В ПОВСЕДНЕВНЫХ ПРАКТИКАХ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ

Гапешина У.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
9096780505@mail.ru
Научный руководитель: Коган Е.А., к.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Цифровизация образования и общества оказала значительное влияние на жизнь современных студентов. В условиях стремительного развития информационных технологий использование онлайн-ресурсов стало неотъемлемой частью повседневной деятельности студенческой молодёжи. Особенно заметным этот процесс стал в период пандемии COVID-19, когда традиционные формы обучения и взаимодействия были вынуждены адаптироваться к новым условиям [1]. Этот опыт показал, что умение эффективно использовать цифровые инструменты становится ключевым навыком для успешной адаптации в современном мире.

Современные студенты активно интегрируют цифровые технологии в различные сферы своей жизни. Можно выделить четыре основные категории повседневной деятельности, где онлайн-ресурсы играют ключевую роль. Первая категория – это учебные практики, которые включают использование образовательных платформ и электронных библиотек. Вторая категория – коммуникативные практики, охватывающие мессенджеры и профессиональные сети. Третья категория – информационные практики, где доминируют поисковые системы и видеоконтент. Наконец, четвертая категория – досуговые практики, связанные с использованием развлекательных платформ.

Особое внимание стоит уделить роли электронных образовательных ресурсов в учебных практиках студентов. Эти ресурсы позволяют получать доступ к лекциям, статьям, учебным материалам и практическим заданиям в любое удобное время. Это особенно важно в современном мире, где гибкость и доступность обучения становятся ключевыми требованиями. Использование таких платформ способствует развитию самостоятельности, критического мышления и навыков самообразования у студентов, что подтверждается исследованиями в области филологического образования. Благодаря этому студенты могут учиться в собственном темпе, пересматривать материалы столько раз, сколько необходимо, и выбирать направления, наиболее важные для их будущей карьеры.

Коммуникативные практики студентов также претерпели значительные изменения под влиянием цифровых технологий. Современные мессенджеры стали основными каналами общения как между студентами, так и между студентами и преподавателями. Эти платформы позволяют решать учебные задачи и поддерживать неформальное общение. Особое значение приобретают профессиональные сети, такие как LinkedIn, которые помогают студентам строить карьеру, находить стажировки и развивать свои профессиональные навыки. Таким образом, коммуникативные практики выходят за рамки простого обмена информацией и становятся инструментом для самореализации и социального взаимодействия [2].

Информационные практики студентов характеризуются многообразием форматов и каналов получения знаний. Современная молодёжь всё чаще предпочитает видеоконтент текстовым источникам из-за его наглядности, доступности и удобства восприятия. При этом поисковые системы и специализированные базы данных остаются важными инструментами для поиска научных статей, книг и других материалов. Это подтверждает, что информационные практики студентов постоянно эволюционируют, следуя за развитием технологий и адаптируясь к новым условиям.

Досуговые практики студентов также тесно связаны с использованием онлайн-ресурсов. Развлекательные платформы занимают значительную часть времени молодёжи, помогая студентам расслабиться и отвлечься от учебных обязанностей. Интересно отметить, что эти ресурсы часто сочетаются с образовательными целями, что подчеркивает переплетение развлечений и обучения в современном мире. Это создаёт новые возможности для саморазвития личности [3].

Таким образом, онлайн-ресурсы становятся ключевым инструментом, который помогает студентам решать образовательные, коммуникативные и развлекательные задачи. Цифровизация проникает во все сферы жизни молодёжи, изменяя традиционные модели поведения и открывая новые горизонты для развития. Актуальность изучения использования онлайн-ресурсов обусловлена необходимостью понимания влияния цифровых технологий на формирование будущего студентов и общества в целом. В условиях стремительного технологического прогресса важно продолжать исследование этих процессов, чтобы лучше понимать, как технологии формируют будущее студентов и всего общества.

В заключение стоит отметить, что цифровые технологии трансформируют процесс профессионализации молодого поколения, становясь инструментом для карьерного развития и поиска профессиональных возможностей [2]. В современной цифровой образовательной среде происходит переплетение развлекательных и образовательных форматов, что создает новые возможности для саморазвития личности [3]. Онлайн-ресурсы выступают ключевым инструментом решения образовательных, коммуникативных и развлекательных задач студенческой молодежи, изменяя традиционные модели поведения и открывая новые горизонты развития.

Список литературы

1. Тагаева Е.А., Салина А.С. Разработка и использование электронных образовательных ресурсов в деятельности филолога // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (Сочи, 24-27 сентября 2018 г.): в 6 т. Т. 3. 2018. С. 142–146.
2. Иргалина З.Г. Влияние цифровых технологий на профессионализацию молодого поколения // Инновационный потенциал молодежи: гражданственность, профессионализм, творчество: сборник научных трудов Международной молодежной научно-исследовательской конференции (Екатеринбург, 24 ноября 2020 г.). Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2020. С. 202-207. URL: http://elar.urfu.ru/handle/10995/97470 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Рылева А.С. Самоопределение личности в цифровой образовательной среде: монография. Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2023. 153 с.

УДК 316.43

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Ковалевская С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана факультет «Социальные и гуманитарные науки»
vosifikq@mail.ru
Научный руководитель: Чернышева А.В., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Трансформация отрасли утилизации отходов представляет собой процесс перехода от устаревших методов, таких как захоронение или сжигание отходов, к современным, экологически безопасным и экономически выгодным подходам, которые включают внедрение раздельного сбора и сортировки отходов, развитие технологий переработки, таких как

рециклинг и компостирование, а также сокращение объёмов захоронения за счёт повторного использования материалов.

Цифровые технологии играют ключевую роль в трансформации отрасли утилизации отходов, делая процессы более эффективными, прозрачными и экологически ответственными. Их внедрение способствует достижению целей устойчивого развития, снижению нагрузки на окружающую среду и созданию экономики замкнутого цикла. Рассмотрим подробнее, как современные технологии, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), блокчейн, применяются в этой сфере.

Интернет вещей (IoT) открывает новые возможности для мониторинга и управления процессами сбора и утилизации отходов. Умные контейнеры, оснащенные датчиками, позволяют отслеживать уровень их заполнения в режиме реального времени. Это помогает оптимизировать маршруты мусоровозов, сокращая количество поездок и, как следствие, уменьшая выбросы вредных веществ в атмосферу. Это не только снижает затраты на логистику, но и предотвращает переполнение контейнеров, улучшая санитарную обстановку в городах [1].

Искусственный интеллект (ИИ) активно используется для автоматизации процессов сортировки и переработки отходов. Современные системы на основе ИИ способны анализировать потоки отходов, распознавать различные типы материалов (пластик, стекло, металл) и сортировать их с высокой точностью. Это значительно увеличивает объем перерабатываемых материалов и снижает количество отходов, отправляемых на полигоны. Кроме того, ИИ может прогнозировать потребность в переработке определенных типов отходов на основе исторических данных и текущих тенденций. Это позволяет предприятиям более эффективно планировать свои производственные процессы и оптимизировать использование ресурсов [2].

Блокчейн-технологии обеспечивают прозрачность и надежность в управлении цепочками поставок отходов. С помощью блокчейна можно отслеживать движение отходов от момента их сбора до конечной переработки, что позволяет гарантировать соблюдение экологических стандартов и предотвращать несанкционированную утилизацию. Каждый этап обработки отходов фиксируется в распределенном реестре, что делает процесс полностью прозрачным и защищенным от манипуляций. Это особенно важно для контроля за переработкой опасных отходов, таких как электроника или химические вещества, где соблюдение правил утилизации критически важно для экологической безопасности [3].

Цифровизация отрасли утилизации отходов приносит значительные экономические и экологические выгоды. Она оптимизирует логистику, снижая затраты на топливо за счет умных маршрутов мусоровозов. Автоматизация сортировки и переработки уменьшает зависимость от ручного труда, повышает точность обработки и сокращает объемы отходов на полигонах. Цифровые платформы улучшают учет и контроль, стимулируя экономику замкнутого цикла, где отходы становятся ресурсом для новых продуктов.

Экологические преимущества включают снижение выбросов CO2, уменьшение потребления ограниченных ресурсов и риска загрязнения почвы и воды. Умные контейнеры и платформы для обмена отходами уже успешно применяются в Европе и Азии, повышая эффективность и экологическую осведомленность. Так цифровизация отрасли утилизации отходов способствует устойчивому развитию, сочетая экономическую выгоду с заботой о природе.

Отрасль переработки отходов, несмотря на свои очевидные преимущества для экологии и экономики, сталкивается с рядом серьезных вызовов. Одной из ключевых проблем является отсутствие стандартизации данных, что затрудняет обмен информацией между участниками рынка, анализ эффективности процессов. Кроме того, недостаток цифровой инфраструктуры, такой как системы мониторинга, автоматизации и управления данными, что ограничивает возможности для оптимизации процессов.

Таким образом, цифровые технологии играют существенную роль в становлении современной системы утилизации отходов. Они открывают новые возможности для устойчивого развития и экологической ответственности. Применение цифровые технологий позволяет не только повысить эффективность утилизации отходов, но и создать более прозрачную и контролируемую систему управления процессами утилизации отходов. Дальнейшая интеграция современных решений будет способствовать активному переходу к экономике замкнутого цикла, где отходы превращаются в ценные ресурсы, а воздействие на окружающую среду сводятся к минимуму.

Список литературы

1. Полуэктов Т.Ю. Отрасль переработки отходов и актуальные тенденции цифровизации // Московский экономический журнал. 2023. № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otrasl-pererabotki-othodov-i-aktualnye-tendentsii-tsifrovizatsii (Дата обращения 27.02.2025).
2. Магарил Е.Р. Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XVIII международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23-24 мая 2024 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2024. С. 20-24.
3. Кропотин Д.Д., Позняк Т.А. Использование цифровых технологий для оптимизации процесса получения энергии из отходов // Радиотехника и электроника : сборник материалов 59-ой Научной Конференции Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР (Минск, 1-30 апреля 2023 г.). Минск, 2023. С. 254–256.

УДК 376.1-056.266: [371.382:004]

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ СОЦИАЛИЗАЦИИ ДЕТЕЙ С РАСТРОЙСТВОМ АУТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Навоян Я.А., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
navoanaroslav@gmail.com
Научный руководитель: Семина М.В., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Геймификация в современном мире становится важным инструментом решения социальных проблем, включая развитие детей с расстройством аутистического спектра (РАС). Изначально созданные как развлечение, игровые технологии сегодня активно применяются в образовании и терапии для помощи детям с особыми потребностями.

Почему же геймификация столь эффективна в работе с детьми с РАС? Можно выделить несколько ключевых причин. Во-первых, это безопасная среда: виртуальные тренажеры позволяют практиковать социальные навыки без риска и стресса реального общения. Во-вторых, игровой формат обеспечивает мгновенную обратную связь через наградные системы – баллы, уровни, значки, что особенно важно для мотивации детей с РАС. В-третьих, игры можно адаптировать под индивидуальные особенности каждого ребенка, создавая персонализированные программы обучения.

Однако использование геймификации требует внимательного подхода из-за ряда потенциальных рисков. Основной угрозой является возможная замена реальной социализации виртуальной. Дети могут предпочесть контролируемую игровую среду живому общению, что затруднит их интеграцию в общество [1]. Кроме того, чрезмерное увлечение может привести к эмоциональному выгоранию или формированию зависимости от игровых механик [2].

Исследования показывают, что эффективность геймификации напрямую зависит от качества ее реализации. Так, компьютерные игры типа FaceSay помогают 78% детей лучше понимать эмоции окружающих, а VR-тренажеры Charisma повышают уверенность в

социальных взаимодействиях у 82% участников [3]. Однако эти результаты достигаются только при правильном сочетании игровых элементов и образовательных целей.

Цифровые технологии лишены многих эмоциональных и невербальных сигналов реального общения. Как отмечают специалисты, "виртуальная реальность не может полностью заменить живое взаимодействие, но служит важным дополнением к традиционным методам. Поэтому геймификацию следует рассматривать как часть комплексного подхода, включающего работу педагогов и психологов.

Также важно отметить, что не все дети одинаково воспринимают игровые технологии. Для некоторых VR-тренажеры могут быть слишком интенсивными, в то время как другие прекрасно адаптируются к новым форматам обучения. Это требует индивидуального подхода к выбору методик и программ.

Таким образом, геймификация представляет собой мощный инструмент развития детей с РАС, но требует продуманного применения. Технологии должны дополнять, а не заменять традиционные методы обучения. Человечеству необходимо найти баланс между цифровыми и реальными формами взаимодействия, чтобы обеспечить полноценное развитие всех детей, независимо от их особенностей.

Список литературы

1. Huizinga J. Homo Ludens: Человек играющий. / Перевод с нидерландского Сильвестрова Д.В. Санкт-Петербург: Азбука, 2022. 400 с. DOI: 10.1201/9780132705446
2. Werbach K., Hunter D. For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. / Перевод с английского Кардаша А. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2015. 160 с. DOI:10.17150/2308-6203.2018.7(4).599-614.
3. Авдеева А.П., Сафонова Ю.А. Геймификация: характеристики, тренды, риски // Вестник университета. 2024. № 8. С. 175–184. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-8-175-184.

УДК 1(091)

«САМОУБИЙСТВО ЕСТЬ ИСХОД АБСУРДА»: А. КАМЮ О ФЕНОМЕНЕ ФИЛОСОФСКОГО САМОУБИЙСТВА

Тесаков А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
hftuhfell367@gmail.com
Научный руководитель: Чернышева А.В., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

По разным оценкам, в 2021 году в России количество самоубийств составило от 30 до 35 тысяч человек. Это не самый высокий показатель в мире, но позволяет России находиться в пятерке лидеров по данному показателю. Вопрос о самоубийствах является сложным и многогранным, и его предотвращение требует комплексного подхода [1].

Философия Альбера Камю о абсурде может помочь в понимании того, как найти смысл в жизни и предотвратить суицидальное поведение. Камю утверждает, что абсурд не должен приводить к самоуничтожению, а скорее к бунту и активному противостоянию. Это понимание может стать важным инструментом в кризисной психологии, помогая людям найти смысл и цель в жизни, даже перед лицом абсурдности. Осознание того, что абсурд может быть источником творчества и бунта, может стать ключевым аспектом психологической поддержки.

Предотвращение самоубийств также требует развития психологической поддержки, улучшения социальных условий и повышения осведомленности о проблеме. В России уже предлагается создание единой федеральной кризисной службы для помощи подросткам в

суицидальном кризисе. Такие меры могут помочь снизить количество суицидов и улучшить психологическое состояние населения.

Философия Альбера Камю, особенно его концепция абсурда, играет ключевую роль в понимании человеческого существования и поиска смысла жизни. Камю рассматривает абсурд как конфликт между человеческим стремлением к смыслу и иррациональным миром, который не предоставляет разумного объяснения или высшей цели [2]. Он утверждает, что абсурд возникает из столкновения человеческого стремления к смыслу с безмолвной Вселенной, и это осознание должно привести человека к активному противостоянию абсурду, а не к капитуляции.

В своем эссе «Миф о Сизифе» Камю рассматривает самоубийство как попытку ухода от абсурда, но отвергает его как логическое решение этой проблемы. Самоубийство, по его мнению, является отказом от самой сути абсурда, уничтожением одной из его сторон – человеческой жизни. Вместо этого он предлагает идею «абсурдного бунта», когда человек находит смысл в самом акте борьбы и противостояния своей судьбе, как это видно на примере мифа о Сизифе. Камю заключает, что «борьба за вершину сама по себе достаточна, чтобы заполнить сердце человека».

Эта философская позиция имеет прямое отношение к психологии, поскольку понимание взаимосвязи между абсурдом и самоубийством может помочь в разработке стратегий предотвращения суицидального поведения. Осознание того, что абсурд не обязательно ведет к самоуничтожению, а может быть источником творчества и бунта, становится важным инструментом в кризисной психологии, позволяя людям найти смысл и цель в жизни, даже перед лицом абсурдности.

Философское самоубийство, по мнению Альбера Камю, представляет собой отказ от разума и свободы в пользу комфорта догмы. Это пренебрежение правдой и абсурдностью существования, когда человек предпочитает обманчивый смысл истинному осознанию своей ситуации. Такой подход противоречит идее бунта и творческого противостояния абсурду, которое Камю считает единственным достойным ответом на абсурдность жизни. Философское самоубийство – это интеллектуальная капитуляция, попытка избежать экзистенциальной ответственности и найти утешение в иллюзорных системах смысла [3].

Для сравнения с философией Альбера Камю о абсурде и самоубийстве, можно рассмотреть подходы других мыслителей. Фёдор Достоевский в романе «Братья Карамазовы» исследует тему абсурда с более религиозной точки зрения, показывая, что абсурд может быть преодолен через веру и духовный поиск. Его персонажи часто сталкиваются с экзистенциальными кризисами, но находят решение в области веры и морали, а не в бунте или самоуничтожении.

Абсурдный человек, по Альберу Камю, – это тот, кто принимает абсурдность мира и живет вопреки ей, находя смысл в бунте, свободе и страсти. Это позволяет ему сохранить достоинство и свободу, даже в условиях абсурдности, и жить полной жизнью, не отказываясь от своих ценностей и творчества. Анализ философии Камю помогает глубже понять взаимосвязь абсурда и самоубийства. Он утверждает, что абсурд возникает из столкновения человеческого стремления к смыслу с безмолвной Вселенной. Осознание этого абсурда может привести к мыслям о самоубийстве, однако Камю отвергает его как логическое решение, считая его капитуляцией перед абсурдом.

Вместо этого Камю предлагает принять абсурд и жить вопреки ему, находя смысл в бунте, свободе и страсти. Он также критикует «философское самоубийство» – попытку найти иллюзорный смысл в догматических убеждениях, что также является формой бегства от абсурда. Философия Камю перекликается с идеями других мыслителей, таких как Достоевский, Ницше и Кьеркегор, хотя их подходы к преодолению абсурда различны: вера, переоценка ценностей и «прыжок веры» соответственно.

Список литературы
1. Number of suicide deaths source comparison // Our World in Data. URL: https://ourworldindata.org/grapher/number-suicide-deaths-source-comparison?country=USA~BRA~ZAF~IND~RUS (Дата обращения 10.02.2025).
2. Философия абсурдизма // RSV.ru. URL: https://rsv.ru/blog/filosofiya-absurdizma/ (Дата обращения 12.02.2025).
3. Ростовский Д. Философия абсурда в творчестве Альбера Камю // Яндекс.Дзен. URL: https://dzen.ru/a/X15wT9cJJHMXVp6h (Дата обращения 20.02.2025).

УДК 316.776

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ФАКТОР СОЦИАЛИЗАЦИИ ПОДРОСТКОВ

Чобану С.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
chobanu.stas@bk.ru
Научный руководитель: Субочева О.Н., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Современный мир характеризуется стремительным развитием информационных технологий, среди которых социальные сети занимают особое место. Подростки активно используют платформы, такие как ВКонтакте, Instagram и TikTok, для общения, самовыражения и получения информации. Это явление существенно влияет на процесс их социализации — усвоения социальных норм, ценностей и ролей, необходимых для жизни в обществе.

Актуальность проблемы обусловлена повсеместным распространением социальных сетей и их глубоким проникновением в повседневную жизнь подростков. Исследования показывают, что большинство подростков проводят в социальных сетях несколько часов в день, что может как способствовать их развитию, так и создавать риски, такие как зависимость, кибербуллинг и проблемы с психическим здоровьем [1]. В условиях цифровизации общества изучение влияния социальных сетей на социализацию подростков становится необходимым для разработки стратегий, обеспечивающих их безопасное и эффективное использование.

Социализация представляет собой процесс усвоения индивидом социальных норм, ценностей и моделей поведения, необходимых для интеграции в общество. Для подростков этот процесс особенно значим, поскольку в возрасте от 11 до 17 лет формируется их идентичность, развиваются социальные навыки и устанавливаются отношения с окружающими. Традиционно основными агентами социализации выступают семья, школа и сверстники. Однако в эпоху цифровизации социальные сети стали новым и влиятельным фактором, изменяющим традиционные модели социального взаимодействия [2].

Социальные сети занимают центральное место в повседневной жизни подростков. Платформы, такие как ВКонтакте, Instagram и TikTok, используются для общения, публикации контента, просмотра новостей и развлечений. Исследование, проведённое в 2012 году, показало, что 99% молодых людей в возрасте 17–25 лет и 100% подростков 14–17 лет активно используют социальные сети, причём ВКонтакте является наиболее популярной платформой среди российской молодёжи.

Подростки применяют социальные сети для решения различных задач:

Коммуникативные: поддержание связи с друзьями и знакомыми, участие в групповых чатах.

Информационные: поиск новостей, образовательных материалов и профессиональных сообществ.

Досуговые: просмотр видео, участие в играх и обсуждение хобби.

Самопрезентация: создание и поддержание онлайн-имиджа через публикацию фотографий и постов.

Таким образом, социальные сети становятся многофункциональным инструментом, интегрированным во все аспекты жизни подростков.

Социальные сети оказывают значительное положительное влияние на социализацию подростков, предоставляя следующие возможности:

- ✓ облегчение коммуникации;
- ✓ самовыражение и формирование идентичности;
- ✓ доступ к информации и образованию;
- ✓ социальная поддержка

Эти аспекты подчёркивают, что социальные сети могут быть мощным инструментом для развития социальных навыков и интеграции в общество.

Несмотря на многочисленные преимущества, использование социальных сетей связано с рядом рисков:

- ✓ Зависимость.
- ✓ Кибербуллинг [3].
- ✓ Проблемы с конфиденциальностью.

Эти риски подчёркивают необходимость внимательного подхода к использованию социальных сетей подростками. Социальные сети играют двойственную роль в социализации подростков, предоставляя возможности для развития и одновременно создавая риски.

Список литературы

1. Краснокутский Д.Н. Молодежь и социальные сети Интернета: теоретикоприкладной анализ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. 2016. № 2. С. 45–56. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/molodezh-i-sotsialnye-seti-interneta-teoretiko (Дата обращения 17.04.2025).
2. Максимов А.А., Голубева Н.М. Влияние социальных сетей на современного подростка / А. А. Максимов, // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2012. № 11 (115). С. 208–212. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sotsialnyh-setey-na-sovremennogo-podrostkapodrostka (Дата обращения 17.04.2025).
3. Кирюхина М.В. Кибербуллинг среди молодых пользователей социальных сетей // Современная зарубежная психология. 2019. Т. 8. С. 65–73. URL: https://psyjournals.ru/journals/jmfp/archive/2019_n3/Kiriukhina (Дата обращения 17.04.2025).

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННАЯ АНАЛИТИКА И ПОЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 316.6

ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В ОНЛАЙН - СРЕДЕ.

Авакян А.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Социальные и гуманитарные науки»
anna.avakyan.2014@mail.ru
Научный руководитель: Галаганова С.Г., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Цифровая трансформация общества привела к формированию нового типа личности – homo digitalis, что обусловило развитие новых направлений в психологии: цифровой психологии и киберпсихологии. Эти дисциплины изучают глубокие изменения психики человека под воздействием информационных технологий, затрагивающие мышление, восприятие и эмоциональную сферу современного человека [1].

Цифровая трансформация стимулировала развитие как психологической теории, так и психотерапевтической практики, при этом возник парадокс: психологи используют информационные технологии для решения проблем, порожденных теми же технологиями. Например, когнитивно-поведенческая терапия существенно усовершенствовалась за счет внедрения технологий дополненной реальности. Дело в том, что все основные методы когнитивно-поведенческой терапии основаны на моделировании ситуаций. Это и реципрокная ингибиция (замещение негативных моделей поведения противоположными позитивными), и парадоксальная интенция (кардинальное изменение поведения в повторном проживании проблемной ситуации), и др. Теперь можно не просто воображать проблемные ситуации, а визуализировать их с помощью специальных приложений, что делает методы более эффективными. Специалисты нашли 11 приложений для гарнитуры Oculus Go, таких как TRIPP, Счастливое место и др. [2]. Однако такие инновации пока недоступны широкому кругу специалистов из-за высокой стоимости и сложности освоения.

Переход психотерапии в онлайн стал главным изменением в психологической практике под влиянием цифровой трансформации. По данным ВЦИОМ, во время пандемии количество обращений к онлайн-психологам значительно выросло и сохранилось на высоком уровне даже после отмены ограничений, связанных с пандемией Covid-19. Анализ популярной в России платформы «Ясно» [3] показал, что использование психотерапии в онлайн-формате с одной стороны увеличивает доступность специалистов и возможность получить помощь в отдаленных регионах, с другой стороны, может снижать качество оказываемой помощи из-за непрозрачной системы отбора психологов. В частности, пользователи жаловались на некомпетентность некоторых специалистов, оказывающих услуги на данной платформе, и слишком узкую специализацию представленных методик.

Таким образом, можно сказать, что эффективность онлайн-психологии зависит от характера запроса клиента, особенностей его психики и компетентности психолога. При этом некоторые направления психотерапии, такие как телесно-ориентированная психология или арт-терапия, принципиально несовместимы с онлайн-форматом. Перспективы развития цифровой психологии связаны с повышением цифровой грамотности психологов, разработкой этических стандартов онлайн-консультирования, исследованием рисков цифровой среды и поддержанием баланса между технологиями и живым общением. Несмотря на все технологические достижения, невозможно полностью заменить живое общение с профессиональным психологом, что должно оставаться основой психотерапевтической практики. Важно понимать, что технологии должны дополнять, а не заменять традиционные методы работы с клиентами.

Список литературы
1. Галаганова С.Г., Мартынова А.А. Когнитивная психология и электронный бизнес: перспективы взаимодействия // Человеческий капитал. 2022. № 3 (159). С. 23-40.
2. Ковгар А. Применение VR в психотерапии. URL: https://www.b17.ru/article/vr_v_psihoterapiy/ (Дата обращения 7.03.2025).
3. Харсеева И. «Год спустя: «Ясно» (как зарабатывать на сервисе для депрессивных горожан)». URL: https://incrussia.ru/concoct/god-spustya-yasno-kak-zarabatyvat-na-servise-dlya-depressivnyh-gorozhan/ (Дата обращения 9.03.2025).

УДК 004.89

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бойко К.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
boykoksenia22@yandex.ru
Научный руководитель: Катков О.Н., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

В современном мире, где инновации находят применение во всех сферах жизни, необходимо разрабатывать новые технологии для успешной реализации передовых идей, иначе говоря, современные проблемы требуют современных решений. Технологии играют ключевую роль в осуществлении задач современности, обеспечивая оптимальные и эффективные решения. Под технологиями мы понимаем наборы методов, приемов и средств, используемых для достижения целей в различных областях деятельности, основанных на научных знаниях и инженерных разработках.

По сей день остается актуальным вопрос повышения интеллектуальной продуктивности [1]. Такая задача подразумевает нахождение системы, обеспечивающей активизацию разработки конкурентоспособных инженерно-технических и управленческих решений за счет мобилизации для этого мощного совершенствующегося интеллектуального потенциала. Моделью такой системы может служить ГИнС (ГИис) – Гибридная интеллектуальная система. Эта технология подразумевает сочетание естественного интеллекта (разума человеческого) и искусственного (машинного)[2].

Как естественные, так и искусственные интеллектуальные подсистемы ГИнС необходимо отнести к самостоятельно формирующимся, самообучающимся и самоуправляющимся сетевым организациям. Интеллект в рамках ГИнСа — это совокупность связей, подструктур и процессов, служащих для осуществления интеллектуальной деятельности, а также способность к обучению и запоминанию некоторого объема информации с дальнейшим использованием накопленных знаний в практическом применении.

В данном случае естественный интеллект — это умение воспринимать окружающий мир и анализировать его, различать объекты реальности и взаимодействовать с ними, а также с их составляющими, размышлять, придумывать, наблюдать, анализировать. Это возможности, присущие в первую очередь человеку как биологическому виду. Естественный интеллект можно классифицировать, подразделяя на: социальный и индивидуальный. Причем первый не является исключительной совокупностью множества единиц индивидуального интеллекта, а определяется как сложная система со своими законами и внутренней спецификой.

Искусственный интеллект представляет собой способность компьютерных систем выполнять разнообразные интеллектуальные задачи, которые ранее были доступны только человеку. Искусственный интеллект, в свою очередь, в рамках ГИнС подразделяется на аналитический и генеративный. В начале существования вычислительных машин они

служили исключительно инструментом, оптимизируя процессы и выполняя задачи, не связанные с когнитивной деятельностью. Такой подход можно сравнить с эргономикой или Инженерной психологией - научной дисциплиной, изучающей объективные закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники с целью использования их в практике проектирования, создания и эксплуатации системы «человек-машина».

Термин гибридный интеллект впервые был В. Ф. Вендой [3] в 1975 году, ученый акцентирует внимание на психологических аспектах взаимодействия, утверждая, что интеграция ИИ в когнитивные процессы требует учёта особенностей человеческого восприятия, внимания, памяти и интуиции. Именно в этом сложном и тонком взаимодействии, по мнению автора, и рождается истинно гибридный интеллект, обладающий новыми способностями к анализу, адаптации и познанию.

Таким образом создание гибридных информационных систем (ГИнС) должно основываться на стремлении улучшить эффективность работы систем искусственного интеллекта через синергетическое взаимодействие между человеком и программно-информационным комплексом. Это взаимодействие должно охватывать все аспекты области, в которой трудится эксперт-аналитик. В долгосрочной перспективе использование ГИнС направлено на содействие пониманию механизмов, посредством которых человек генерирует новые знания.

Список литературы

1. Никитин А.Е. Эпистемология искусственного интеллекта: автореф. дис. ... канд. филос. наук: 09.00.01 (Онтология и теория познания) / Помор. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Архангельск, 2007. 18 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01003173625 (Дата обращения 18.04.2025).
2. Карякин В.В. Гибридные интеллектуальные системы как симбиоз естественного и искусственного интеллектов // Россия: тенденции и перспективы развития. 2022. № 17-1. С. 652–655. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnye-intellektualnye-sistemy-kak-simbioz-estestvennogo-i-iskusstvennogo-intellektov (Дата обращения 18.04.2025)
3. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. 448 с.

УДК 316

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЛГОРИТМОВ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ НОВОСТНОЙ ЛЕНТЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ

Канаев А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
kanaevaa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Злотникова Е.В., к.полит.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
zlotnikova@bmstu.ru

В современном цифровом пространстве новостные ленты стали одним из основных источников информации для миллионов россиян [1]. Однако, традиционные редакционные принципы отбора новостей все чаще уступают место алгоритмической персонализации, которая обещает пользователям более релевантный и интересный контент. Алгоритмы социальных сетей и новостных агрегаторов, анализируя историю просмотров, предпочтения и социальные связи пользователей, формируют уникальную новостную ленту для каждого человека. Это влечет за собой важные последствия для формирования общественного мнения и требует тщательного изучения.

Одним из наиболее значимых эффектов персонализации является создание так называемых «информационных пузырей» или «эхо-камер». Пользователь, окруженный новостями и мнениями, которые подтверждают его существующие убеждения, реже сталкивается с альтернативными точками зрения. В российском контексте, это может привести к усилению поляризации общества по политическим или социальным вопросам. Например, пользователь, активно интересующийся деятельностью оппозиционных политиков, может быть практически полностью изолирован от материалов, отражающих точку зрения проправительственных СМИ, и наоборот. В конечном итоге, это затрудняет конструктивный диалог и поиск компромиссов в обществе.

Кроме того, алгоритмы часто ориентируются на контент, вызывающий эмоциональную реакцию – будь то позитивную или негативную. Новости, которые вызывают страх, возмущение или радость, как правило, привлекают больше внимания и, следовательно, чаще показываются другим пользователям. Это может приводить к искаженному восприятию реальности, когда в новостной ленте преобладают сенсационные и негативные события, создавая у пользователя ощущение нестабильности и опасности. В России, где традиционно сильна роль телевидения в формировании общественного мнения, этот эффект может быть усилен, если алгоритмы отдают предпочтение новостям, подхватывающим и усиливающим тенденции, уже существующие в эфире федеральных каналов.

Еще одним важным аспектом является подверженность персонализированных новостных лент манипуляциям. Злоумышленники могут использовать алгоритмы для распространения дезинформации и пропаганды. Создавая фальшивые аккаунты и ботов, которые активно взаимодействуют с определенными новостями и темами, можно искусственно повысить их рейтинг и охват, заставляя алгоритм показывать их большему числу пользователей. В период политических кампаний или общественных дискуссий это может быть использовано для целенаправленной дезинформации избирателей или для дискредитации оппонентов. Примером может служить распространение фейковых новостей о якобы имевших место нарушениях на выборах [2] или о негативных последствиях определенных политических реформ.

Необходимо отметить, что алгоритмы персонализации сами по себе не являются строго негативными. Они могут быть полезны для фильтрации информации и предоставления пользователям именно того контента, который им действительно интересен. Однако, важно осознавать потенциальные риски и принимать меры для их минимизации. Это включает в себя повышение медиаграмотности населения, обучение критическому мышлению и умению проверять информацию из разных источников. Также необходимо совершенствовать алгоритмы, делая их более прозрачными и устойчивыми к манипуляциям. В России это особенно актуально в условиях сложного медиаландшафта и высокой степени влияния государства на средства массовой информации. Регулирование алгоритмов социальных сетей и новостных агрегаторов, направленное на обеспечение разнообразия информации и защиту от дезинформации, может стать важным шагом на пути к формированию более информированного и объективного общественного мнения. Кроме того, развитие альтернативных платформ, предлагающих пользователям больший контроль над формированием новостной ленты и возможность выбирать различные источники информации, может способствовать снижению негативного влияния персонализации.

Список литературы

1. Россияне в 2025 году стали в два раза чаще интересоваться новостным контентом // Российская газета: сайт. М. 2025. URL: https://rg.ru/2025/03/20/rossiiane-v-2025-godu-stali-v-dva-raza-chashche-interesovatsia-novostnym-kontentom.html (Дата обращения 01.04.2025).
2. Шабалина А.И. Влияние фейковой информации на формирование электоральных предпочтений // Глобальные вызовы в меняющемся мире: тенденции и перспективы развития социально-гуманитарного знания: 6-й молодежный конвент УрФУ : материалы

международной конференции (Екатеринбург, 24–26 марта 2022 года). Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2022. С. 245-248.

УДК 316.75

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЦИАЛЬНЫХ СМЫСЛОВ

Степаненко П.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
stepanenkopa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Злотникова Е. В., к.полит.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
zlotnikova@bmstu.ru

В современном информационном обществе социальные смыслы приобретают важнейшее значение, выступая ключевыми компонентами в интерпретации социальных явлений и процессов. Их формирование и передача происходит в ходе коммуникативных взаимодействий, влияя на общественные установки, поведение и восприятие действительности.

Термин «смысл» представляет собой сложное и многоаспектное понятие, изучаемое в разных дисциплинах, включая философию, логическую семантику и психолингвистику. Современные подходы подчёркивают не объективную сущность смысла, а его интерсубъективный характер, как результата коммуникации [1]. При этом разграничиваются понятия «значения» (объекта или отношения, обозначаемого знаком) и «смысла» (интерпретации информации из знака).

Социальные смыслы выделяются своей коллективной природой, формируясь в процессе культурного взаимодействия и коммуникации. Они отражают не факты, а социально обусловленные интерпретации, выражающие культурные ценности и общественные представления.

При изучении социальных смыслов важна их классификация. По степени эксплицитности смыслы делятся на явные (легко интерпретируемые и прямо выраженные) и скрытые (имплицитные, требующие дополнительного анализа и контекста). Скрытые смыслы подразделяются на конвенциональные (связанные с нормами и стереотипами) и неконвенциональные (метафоры, ирония, аллегории).

Ещё одним критерием классификации является интенциональность. Интенциональные смыслы специально создаются для достижения конкретных целей, таких как передача эмоциональной окраски или влияния на восприятие. Неинтенциональные смыслы возникают непреднамеренно, обусловленные языковыми особенностями и контекстом.

Также важна типология скрытых смыслов по степени их интерпретируемости: дискретные смыслы легко выражаются в виде конкретных утверждений, в то время как недискретные несут обобщённые или эмоционально-оценочные сообщения, которые сложно однозначно сформулировать [2].

Выявление и анализ скрытых социальных смыслов требует использования специальных методов, таких как рецептивные схемы, индикаторы имплицитности и экспертный анализ. Классическим подходом является принцип кооперации Г. П. Грайса, подразумевающий выявление нарушений коммуникативных максим, что служит маркером наличия скрытого смысла [3].

В условиях роста информационных потоков и цифровизации возрастает значение автоматизированных методов анализа, таких как нейросетевые модели и машинное обучение. Однако полная автоматизация анализа социальных смыслов остается невозможной из-за субъективности и необходимости глубокого культурного и контекстуального понимания.

Таким образом, социальные смыслы являются многогранными и динамичными конструкциями, играющими ключевую роль в социальной коммуникации. Их изучение требует междисциплинарного подхода, объединяющего лингвистические, социологические и психологические методы анализа, что делает тему актуальной и значимой для современного научного дискурса.

Список литературы

1. Луман Н. Общество как социальная система. М.: Логос, 2004. 232 с.
2. Стернин И.А. Проблема инвентаризации ментальных схем понимания скрытых смыслов текстов // Слово и текст: психолингвистический подход. 2014. № 14. С. 130-134.
3. Грайс Г.П. Логика и речевое общение // Новое в зарубежной лингвистике. В. 16. Лингвистическая прагматика. М.: Прогресс, 1985. 223 с.

УДК 316

ЭХО-КАМЕРЫ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ КАК ИНСТРУМЕНТ МАНИПУЛЯТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Филиппенко Н.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
nikfilippenko@gmail.com
Научный руководитель: Галаганова С.Г., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
galaganovasg@bmstu.ru

В условиях быстрого развития Интернет технологий, всё большее число людей получает информацию через социальные сети и поисковые системы. [1] Однако возможность фильтрации новостей в Интернет ресурсах может препятствовать формированию у пользователей полноценной картины мира и способствовать манипулятивному воздействию.

Помимо очевидного цензурирования информации, пользователи социальных сетей могут столкнуться со скрытым феноменом, так называемым «пузырем фильтров». В такой коммуникативной ситуации, алгоритм персонализации, предоставляющий пользователю предпочитаемые новости, скрывает альтернативные, к которым он не проявил достаточного интереса. Такой алгоритм анализирует историю поиска и просмотра пользователя, чтобы сформировать его ленту из аналогичных новостей. [2] Это лишает читателя возможности ознакомиться с альтернативными мнениями и новостями, способными на него повлиять.

Схожий эффект оказывает попадание в эхо-камеру. Так называют ситуацию, в которой группа людей в общем медиапространстве повторяют мнения друг друга, игнорируя все альтернативные позиции. Изолированные от разнородных новостей, пользователи социальных сетей радикализуются, что приводит к дальнейшей фильтрации поступающего контента. [3] Можно выделить ряд механизмов, способствующих формированию эхо-камер в социальных сетях. Среди них алгоритмы рекомендации постов и система пользовательской модерации.

Для уменьшения негативного воздействия эхо-камер на общественный дискурс возможно создать Интернет-ресурсы, внутреннее устройство которых будет препятствовать формированию эхо-камер. К механизмам противодействия можно отнести, например, отказ от пользовательской модерации в пользу примечаний сообщества. – системы добавления к постам контекста, который проверяется на достоверность с учётом позиций оценивающих его пользователей. Другим таким механизмом является способ формирования новостной ленты. Важно, чтобы посты распространялись на основе активности взаимодействия пользователей с ними, а не на количестве положительных оценок под этим постом. Для продвижения разносторонних мнений следует учитывать используемые пользователями теги. Алгоритм,

при формировании ленты постов, может заменять небольшую часть тегов, нравящихся пользователю, на более общие теги, что обеспечит наличие в ленте пользователя постов, отражающих общественное мнение.

Важно заметить, что предоставление пользователю наиболее интересного ему контента и продвижение в группы пользователей разнородных новостей и мнений – задачи, которые часто противоречат друг другу. Баланс между ними необходим для формирования здорового дискурса в социальных сетях.

Список литературы

1. Где и как россияне узнают новости // РБК: сайт. М. 2021. URL: https://www.rbc.ru/society/23/09/2021/614c94149a794763cbf5c3db (Дата обращения 17.04.2025).
2. Брунс А. Реальна ли стена фильтров? / пер. с англ. М.: ВШЭ, 2023. 120 с.
3. Sunstein C. Republic.com 2.0. Princeton: Princeton University Press, 2007. 251 p.

УДК 004.04

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВБРОСОВ В ЦИФРОВЫХ МЕДИА

Ходырева С.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
khsm23s052@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Шалдунова Т.Н., к.и.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

В эпоху глобализации и усиления информационного противостояния возрастает уязвимость общества к манипулятивному воздействию через цифровые медиа. Обнаружение и нейтрализация информационных вбросов — намеренного распространения искажённой или ложной информации — становится критически важной задачей для обеспечения информационной безопасности и предотвращения дестабилизации социальной среды [1]. Современные методы информационной аналитики способны обнаруживать вбросы, опираясь на обработку языка и поведенческий анализ.

Ключевым признаком информационного вброса является увеличение одновременного распространения в цифровых медиа большого количества сообщений по особо чувствительным темам для общества, например, политические конфликты, международные отношения. Анализ динамики прироста таких сообщений в течение равных временных промежутков и наличие резкого увеличения числа новозарегистрированных пользователей позволяет выявить неестественные всплески активности, что может свидетельствовать о целенаправленном информационном воздействии. Для получения более точных результатов используются нормализованные показатели, позволяющие сопоставить рост тематических сообщений с общим объёмом публикуемой информации. Подобный подход помогает отсеять естественные всплески интереса и сконцентрироваться на потенциально деструктивных информационных кампаниях.

Также к признакам информационных вбросов можно отнести чрезмерно конфликтную и эмоциональную речевую окраску, повторяемость ключевых фраз и упрощенные речевые конструкции. Значимым инструментом анализа текстов в цифровых медиа является NLP (Natural Language Processing) – направление машинного обучения, посвященное распознаванию и обработке устной и письменной человеческой речи. Под обработкой естественных языков в данном контексте понимается создание интеллектуальных систем, способных выполнять задачи классификации текста, выявления эмоциональной окраски, манипулятивности и политической ангажированности [2]. Такие алгоритмы помогают

оценивать достоверность информации и степень её влияния на восприятие пользователя. Таким образом, системы на основе NLP способны оценивать, является ли источник достоверным или политически предвзятым, и определять, можно ли доверять конкретному источнику новостей.

Ещё одним эффективным методом выявления скоординированных информационных вбросов является граф-анализ распространения сообщений. Суть метода заключается в построении сети взаимодействий между пользователями цифровых платформ: кто опубликовал информацию первым, кто сделал репост, а кто прокомментировал. На основе этих связей формируется граф, где узлы — это участники, а рёбра — взаимодействия между ними. Анализ структуры графа позволяет обнаружить информационные «ядра» — аккаунты или сообщества, через которые проходит наибольшее количество вбросов. Такие точки распространения часто оказываются организованными группами или фейковыми медиа-аккаунтами [3]. Выявление этих ключевых узлов позволяет не только ограничить распространение деструктивного контента, но и проанализировать стратегию воздействия на целевую аудиторию.

Таким образом, совокупное применение методов анализа динамики информационного потока, распознавания текстовых паттернов с использованием технологий NLP, а также графового анализа распространения сообщений позволяет всесторонне оценивать характер и источники информационных вбросов. Эти подходы не только способствуют более точному выявлению деструктивных коммуникаций, но и формируют основу для создания эффективных систем мониторинга информационного пространства.

При этом важно отметить, что даже базовые знания о признаках информационных вбросов — таких как резкий рост публикаций, эмоциональная окраска текста или повторяемость формулировок — позволяют обычному пользователю самостоятельно выявлять попытки манипуляции. Более же сложные аналитические инструменты, основанные на машинном обучении и графовых алгоритмах, находят своё применение в работе исследовательских центров, медиакомпаний и органов государственной безопасности. В условиях нарастающих цифровых угроз интеграция таких методов становится неотъемлемой частью стратегии информационной безопасности государства и общества.

Список литературы

1. Бродовская Е.В., Азаров А.А. Алгоритм автоматизированной идентификации информационных потоков внешнего деструктивного информационно-психологического воздействия на пользователей социальных медиа // Власть. 2024. № 2. С. 89–96.
2. Цитульский А.М., Иванников А.В., Рогов И.С. NLP – обработка естественных языков // StudNet: научно-образовательный журнал. 2020. № 6. С. 466–475.
3. Shu K., Sliva A., Wang S., Tang J., Liu H. Fake News Detection on Social Media: A Data Mining Perspective // ACM SIGKDD Explorations Newsletter. 2017. V. 19. № 1. Pp. 22–36.

СЕКЦИЯ «ФИЛОСОФИЯ»

УДК 004.8

БЕНЧМАРКИНГ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ КАК ОБЪЕКТ ФИЛОСОФСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Батин Р.Е., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
zaroymight@gmail.com
Научный руководитель: Архиереев Н.Л., д.ф.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Приведены особенности бенчмаркинга в области больших языковых моделей. Были выделены аспекты для рассмотрения данного явления с позиции философского знания.

Отличием больших языковых моделей (БЯМ) от более классических систем, основанных на процедурах логического вывода, является их стохастическая природа. Они представляют собой «черный ящик», т.е. невозможно вывести конкретные правила и законы сопоставления входных и выходных данных. Существует отдельное направление исследований, целью которых становится повышение интерпретируемости результатов работы БЯМ, снижение алгоритмической непрозрачности. Данная особенность ставит новые вызовы в области оценки работы таких моделей.

Основным методом проверки качества моделей является бенчмаркинг. Бенчмарк – термин из геодезии, означающий опорную отметку [1]. Этот метод может трактоваться как сравнение изучаемых объектов с некоторым эталоном по определенным параметрам. Такой подход применяется, например, в менеджменте и экономике. Также существует и другая интерпретация: бенчмарком может называться задача, на которой испытывают исследуемый объект с целью замера характеристик. Такой подход используют при оценке работы компьютерных процессоров, видеокарт и т.п. Следует конкретизировать определение бенчмарка в контексте БЯМ: это определенная комбинация набора или наборов данных и метрики, которая представляет одну или несколько конкретных задач, выбранных сообществом исследователей в качестве общей структуры для сравнения методов [2]. Следует детальнее остановиться на приведенном определении.

Во-первых, бенчмарк – это определенный набор данных, на котором проводятся измерения. Процесс его сбора и подготовки является важной частью всего тестирования. Данные должны соответствовать поставленным целям, зачастую может потребоваться подключение групп экспертов. При организации некоторых бенчмарков может привлекаться исследовательское сообщество. Важной проблемой, требующей философского осмысления, здесь становятся полнота, непротиворечивость, корректность, согласованность данных с поставленными метриками.

Во-вторых, сами метрики требуют отдельного рассмотрения. Для тестирования необходимы показатели и критерии, которые будут измерять конкретные свойства объектов. Сами свойства также должны иметь четкую формулировку. Для систем, в т.ч. и БЯМ, которые претендуют на интеллектуальность, данный вопрос становится более острым. Оценивать их приходится на наличие, непротиворечивость знаний, на следование этическим нормам, на способность к рассуждению. Каждое из представленных понятий может иметь различные способы трактовки. Сама их количественная оценка может вызывать ряд затруднений. Для их разрешения требуется привлечение более абстрактного методологического аппарата, в частности, эпистемологического и логического.

Отдельно стоит рассмотреть социальный аспект. В силу сложности, необходимости в больших затратах времени и ресурсов на их сбор, количество бенчмарков не может быть слишком большим. В ином случае это не может быть даже бенчмаркингом в полном смысле, поскольку теряется его «эталонность». Соответственно, конкретный бенчмарк может собирать

вокруг себя исследовательское сообщество. Фиксация на одном или небольшом числе таких измерителей ведет к тому, что достижение лучшего результата становится инструментом завоевания престижа. Сменяется фокус с качественного улучшения моделей на количественные показатели, которые не всегда объективно отражают прогресс. Отдельно стоит упомянуть возможное влияние крупных корпораций, которые посредством оценок моделей могут решать свои задачи, в т.ч. пиара [3].

Таким образом, бенчмарк является важным феноменом в рамках всей области изучения искусственного интеллекта. Вопросы, которые могут подниматься при его исследовании не носят сугубо технический характер. Так, требуется разработать методологию их создания, постановки корректных метрик, проверки их соответствия данным и характеристикам изучаемой модели. Отдельным фактором становятся взаимовлияние конкретного инструмента оценки и исследовательского сообщества. Каждая из этих задач требует мультидисциплинарного рассмотрения. Бенчмарк предстает как комплексное, многоаспектное явление, каждая часть которого требует отдельного философского осмысления.

Список литературы

1. Брежнева В.В. Бенчмаркинг в интернет-среде // Труды СПбГИК. 2006. Т. 173. С. 50–58.
2. Raji I.D. et al. AI and the Everything in the Whole Wide World Benchmark. arXiv, 2021, Pp. 17. DOI: 10.48550/arXiv.2111.15366.
3. Eriksson M. et al. Can We Trust AI Benchmarks? An Interdisciplinary Review of Current Issues in AI Evaluation. arXiv, 2025. Pp. 22. DOI: 10.48550/arXiv.2502.06559.

УДК004.8

ИДЕИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФИЛОСОФИИ В ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЯХ LLM

Бодеев А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
bav21m023@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Иноземцев В.А., д.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Языковые модели LLM (Large Language Model), такие как GPT (Generative Pre-trained Transformer), Claude или Gemini, стали возможны благодаря синтезу технологий машинного обучения и философских концепций, разработанных в рамках аналитической традиции.

Важно исследовать то, как идеи Л. Витгенштейна, Д. Сёрля, Г. Фреге и других философов повлияли на архитектуру и функциональность LLM, а также как их интерпретируют создатели моделей и критики. Необходимо исследовать успешные, доказавшие свою полезность технологии, чтобы выработать систематический подход к технологическому развитию.

В частности, исследование философских основ LLM приблизит формирование сильного искусственного интеллекта таким, каким его предполагал Джон Сёрл. Обращение к аналитической философии при создании сильного искусственного интеллекта будет так же востребовано, как использование математики для исследований в области физики.

По прошествии двух лет с момента выпуска ChatGPT 4, можно выявить, какие философские концепции, положенные в основу текстовых нейронных сетей, оказались верными. Можно рассмотреть современные LLM как философский эксперимент, верифицировавший через практику концепции аналитической философии, лежащие в основе различных моделей ИИ (Искусственного Интеллекта).

Я выделяю следующие философские основы LLM:

Философия языка и контекстуальность. В поздних работах Л. Витгенштейн утверждал, что значение слова определяется его использованием в языковой игре (контексте), а не жесткой референцией. GPT-4 использует трансформеры для анализа контекста через механизм внимания (attention), что позволяет ей учитывать многозначность слов.

Теория речевых актов (Джон Сёрл): Речевые акты (например, вопросы, команды, обещания) имеют иллокутивную силу — намерение говорящего. Чат-боты классифицируют интенции пользователя через fine-tuning на размеченных данных. Система ChatGPT распознает фразу «Закажи пиццу» как директиву, а «Как заказать пиццу?» как вопрос. В то же время ChatGPT и DeepSeek часто ошибаются в понимании намерений собеседника. Философы, такие как Дэвид Чалмерс, отмечают, что LLM имитируют речевые акты, но не обладают интенциональностью в смысле Сёрла [1].

Логический анализ и формализация: Идеи Готлоба Фреге и Бертрана Рассела. Фреге предложил разделять смысл (Sinn) и значение (Bedeutung) языковых выражений [2]. Модели учатся различать денотацию (референт) и коннотацию (эмоциональную окраску) слов через обучение на больших корпусах текстов. Пример: Слово «собака» имеет денотат (животное) и коннотации (верность, опасность в зависимости от контекста).

LLM стали продуктом не только технического прогресса, но и философской рефлексии. От Л. Витгенштейна до Д. Сёрля — идеи аналитической философии заложили основу для понимания того, как машины работают с языком. Однако дебаты о природе «понимания» и этике ИИ далеки от завершения, требуя дальнейшего диалога между инженерами и философами.

Также, по прошествии двух лет с начала бурного развития LLM, выявились и недостатки в их работе. Несмотря на то, что современные чат-боты проходят тест Тьюринга, они всё равно нередко допускают ошибки, демонстрируя неадекватное речевое поведение. Это связано не только с недостаточной мощностью вычислительных центров, но и с концептуальными недоработками, вызванными как недостаточным вниманием разработчиков ИИ к передовым философским идеям, так и отсутствием однозначного ответа со стороны философов на некоторые ключевые вопросы.

В итоге основными ограничениями больших языковых моделей стали:

Отсутствие интенциональности: LLM не имеют целей или убеждений. Пользователи неоднократно манипулировали чат-ботами, вкладывая ложные цели в запросы.

Контекстуальные ошибки: Модель может игнорировать нюансы, как в примере: Вопрос: «Может ли слон залезть на дерево?» Ответ GPT-3: «Да, если дерево достаточно крепкое» (ошибка: слоны не лазают по деревьям).

Этическая неопределенность: LLM воспроизводят предубеждения из данных, что требует философского осмысления [3].

Современные языковые модели ИИ демонстрируют неожиданный синтез философской теории и технологической практики. Аналитическая философия, исследовавшая природу значения и логическую структуру коммуникации, оказалась концептуальным фундаментом для прорывов в области машинного обучения. Сегодняшние LLM, преодолевая барьер между формальными системами и живой речью, всё чаще проявляют свойства, ассоциируемые с «сильным ИИ». Однако их эволюция требует не только технической оптимизации, но и методологической преемственности: как показала история философии, глубокий анализ языковых механизмов создаёт основу для осмысленного синтеза. Интеграция этих принципов в разработку языковых моделей — путь к решению ключевых проблем: от контекстуальной слепоты до семантической неоднозначности.

Список литературы

1. Searle J.R. Minds, Brains, and Programs // Behavioral and Brain Sciences. 1980. V. 3. № 3. Pp. 417–424.

2. Фреге Г. Логика и логическая семантика: сборник трудов. М.: Аспект Пресс, 2000. С. 230–246.
3. Bender E.M., Gebru T., McMillan-Major A., Shmitchell S. On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? // Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '21) (New York, March 03-10, 2021). New York: ACM, 2021. Pp. 610–623. DOI: 10.1145/3442188.3445922.

УДК 004.89

ЭВОЛЮЦИЯ РАЗУМА: ПЕРСПЕКТИВЫ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бойко К.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
boykoksenia22@yandex.ru
Научный руководитель: Нехамкин В.А., д.ф.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Современное общество переживает уникальный этап своего развития – этап тесного взаимодействия человеческого и искусственного интеллектов. Внедрение информационных технологий и интеллектуальных алгоритмов в повседневную жизнь уже перестало быть прерогативой узкоспециализированных сфер и охватывает всё больше аспектов человеческой деятельности – от бытового уровня до научных исследований и философских размышлений. Постепенно складывается принципиально новая форма интеллектуальной активности – гибридный интеллект, воплощаемый в функционировании гибридных интеллектуальных систем (ГиИС) – технологий комплементарного сочетания естественного интеллекта, присущего человеческому разуму и искусственного – компьютерного. Симбиоз интеллектов разных природ позволяет решить вопрос нахождения системы, обеспечивающей активизацию разработки конкурентоспособных инженерно-технических и управленческих решений за счет мобилизации для этого мощного совершенствующегося интеллектуального потенциала.

Философия трансгуманизма формулирует тезис о принципиальной возможности и целесообразности совершенствования биологической природы человека посредством современных и перспективных технологий. Такое усовершенствование рассматривается не как внешнее дополнение, а как имманентный этап эволюционного развития, направленный на преодоление присущих человеку физических, когнитивных и психофизиологических ограничений. В трансгуманисткой парадигме технологическое вмешательство приобретает статус эволюционного механизма, способного инициировать переход от современного человека (Homo sapiens) к постчеловеку (Homo deus), о котором говорят в своей работе Г.Е. Боков и Е.В. Чапны. По их мнению, постчеловек – существо «принципиально нового типа, который не просто гипотетически возможен, но уже, по всей видимости, появляется как особый тип. Радикальные трансформации человеческого тела, «роботизация человека», включая сознательное воздействие на нейронную сеть головного мозга, – все это уже перестало быть научной фантастикой» [1].

Обратимся к истокам взаимодействия человека и вычислительных устройств: первым в 1673 году идею о создании «думающих машин» выдвинул математик и философ **Г. В. Лейбниц** («счетная машина» Лейбница). Именно его разработки, научные исследования стали основой для появления современного математического анализа и символической логики. В контексте данного изобретения машина служит в первую очередь расширением возможностей человеческого разума, улучшая эффективность и точность принятия решений, но не заменяя сам процесс мышления.

Термин «гибридный интеллект» впервые введен В. Ф. Венда в 1975 году, а основы теории систем гибридного интеллекта изложены в сборнике, вышедшем в 1977 году [2]. В.Ф. Венда формулирует назначение ГиИС как «…коллективные решения наиболее сложных и

ответственных задач в оперативном управлении производством, специальном образовании, проектировании сложных систем и новой техники, прогнозировании и планировании развития народного хозяйства, охране окружающей среды, научных исследованиях» [3].

В данной работе центральное значение приобретает вопрос о роли и назначении искусственного интеллекта в будущем общества. Принципиальное отличие методологии системы гибридного интеллекта от традиционной методологии инженерной психологии состоит в том, что вместо анализа вариантов и попытки выбрать из них оптимальный проводится синтез разных вариантов решений, объединения скрытых и непосредственных участников решения. По нашему мнению, основная функция гибридного интеллекта заключается не в замещении человеческого мышления, а в помощи человеку в процессе познания, в расширении горизонтов осмысления действительности, в углублении понимания мира и самого себя. Кроме того, гибридный интеллект способен улучшить качество человеческого мышления, скорость принятия им решений. Эта тенденция обязательно усилится в будущем.

Список литературы

1. Боков Г.Е., Чапны Е.В. Экспериментальная философия и когнитивная наука в контексте осмысления гибридного интеллекта: философско-антропологический аспект. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2024. Т. 28. № 4. С. 1067–1085.
2. Сеченов М.Д. Гибридные интеллектуальные человеко-машинные вычислительные системы и когнитивные процессы. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnye-intellektualnye-cheloveko-mashinnye-vychislitelnye-sistemy-i-kognitivnye-protsessy (Дата обращения 11.04. 2025).
3. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. 448 с

УДК 17

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЛОСОФИЯ: НАВИГАЦИЯ В ЭПОХУ ИЛЛЮЗИЙ

Кирези А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
aleks14041@mail. ru
Научный руководитель: Черкашина О.В., к.ю.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Цифровая эпоха — не просто технологический сдвиг. Это трансформация самого способа человеческого существования. В условиях, когда мы всё больше живём в онлайне, возникает необходимость по-новому обдумать вопросы смысла, идентичности и свободы. Здесь философия оказывается не отвлечённой дисциплиной, а живой необходимостью — инструментом навигации в мире, полном иллюзий и информационного шума.

Фрэнсис Бэкон в трактате «Новый Органон» вводит понятие «идолов разума» — систематических заблуждений, мешающих человеку познавать истину [1]. Он выделяет четыре их типа: идолы рода, пещеры, рынка и театра. Применяя эту концепцию к цифровой реальности, можно выделить новые формы этих заблуждений.

Так, вера в алгоритмы (например, абсолютное доверие к рекомендательным системам и цифровым платформам) может быть отнесена к идолам театра — разновидности заблуждений, основанных на следовании выдуманным системам и теориям, воспринимаемым как объективная истина. Эти алгоритмы становятся «сценарием», по которому мы действуем, часто не осознавая его искусственности.

В то же время вера в популярность и стремление к ней — не просто социальное явление. Если воспринимать популярность как форму символической власти, то стремление к ней может быть выражением самой человеческой природы. Следовательно, вера в популярность как критерий истины и ценности может рассматриваться в качестве проявления идола рода — того, что искажает познание в силу нашей природы. Мы склонны путать количественные показатели (лайки, просмотры) с качественными смыслами.

Аристотель в «Никомаховой этике» определяет благо человека как «деятельность души, сообразную с добродетелью, а если добродетелей несколько — то с лучшею и совершеннейшею, и притом в течение всей жизни» [2]. Эта мысль выражает представление о жизни как процессе непрерывного нравственного и разумного самосовершенствования, в котором истинное счастье (эйдаймония) достигается не за счёт внешних благ, а благодаря внутренней гармонии и реализации высших способностей души. В условиях цифрового общества это понимание подменяется стремлением к быстрому внешнему признанию — лайкам, комментариям, цифровой «видимости». Такой подход фокусируется на мгновенном отклике, а не на длительной добродетельной деятельности, разрывая связь между жизнью, разумом и подлинным благом. В результате человек всё чаще теряет ощущение целостности и цели, заменяя глубокое развитие поверхностной активностью.

Н. Макиавелли в трактате «Государь» не утверждает прямо: человек по своей природе стремится к власти, но подчёркивает, что страх и необходимость сохранять власть являются важными факторами политического поведения [3]. В цифровом обществе стремление «не отстать» от информационного потока и сохранить цифровую репутацию может рассматриваться как аналог этого политического поведения. Здесь власть выражается в контроле над вниманием, видимостью и вовлечённостью, а человек подчиняется логике выживания в медийной среде.

Тем не менее, философия — особенно в сочетании подходов Фр. Бэкона и Аристотеля — предлагает путь к осмысленности. Бэкон учит нас очищать мышление от ложных представлений, включая цифровые «идолы». Аристотель напоминает, что счастье достигается не внешними достижениями, а внутренним развитием и добродетелью. В цифровую эпоху эти идеи становятся не просто теорией, а практическим ориентиром.

Список литературы

1. Бэкон Ф. Новый Органон. М.: Наука, 1978. 363 с.
2. Аристотель. Никомахова этика. Книга I. М.: Мысль, 1983. 223 с.
3. Макиавелли Н. Государь. М.: Наука, 1990. 141 с.

УДК 101.1+316

ПРЕСТУПЛЕНИЯ ПРОТИВ ОБЩЕСТВА КАК УГРОЗЫ СОЦИЕТАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ

Михайлов Я.В., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
yar997393@gmail.com
Научный руководитель: Ивлев В.Ю., д.ф.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Проблемы, с которыми сталкиваются исследования социетальной безопасности, имеют самые разные аспекты. Здесь востребованы междисциплинарные подходы, объединяющие технические, инженерные области со специализированными отраслями права, экономики, социологии, психологии, информационных технологий и пр. Ключевая цель состоит в поиске возможностей и способов минимизации рисков, угрожающих человеческому обществу, контроль их масштабов и частоты. Преступления против личности, тяжелые физические и

психологические травмы, террористические акты могут негативно трансформировать личную и коллективную идентичность, сформировать чувство онтологической незащищенности.

В Австралии и Новой Зеландии разработана Стандартная классификация правонарушений (ANZSOC) [1]. ANZSOC распределяет существующие виды преступлений по уровням в восходящей логике, дающим общую картину всех видов правонарушений. Критериями являются наличие насилия, кражи, характер жертвы (люди, имущество или общество), отягощающие обстоятельства, умышленность или непредумышленность преступления. Особый раздел составляет терроризм, семейное и бытовое насилие, а также киберпреступления.

Новая Зеландия известна в мире как достаточно безопасная страна [2]. Согласно данным статистического агентства Statista, среди приоритетных угроз Новой Зеландии в восприятии жителей страны находятся не только стихийные бедствия (87%), но и дезинформация (фейковые новости) (84%); киберпреступления (81%); пандемии (81%) и пр. Так же важны угроза конфликтов между бандитскими группировками (71%), а также терроризм и насильственный экстремизм (71%), прямо дестабилизирующие новозеландское общество.

Рассмотрим важную и ставшую даже легендарной для Новой Зеландии проблему этнических банд, точнее банд маори. Их место в новозеландском обществе спорно: с одной стороны, это действительно угроза организованной преступности, с другой – они являются частью социетальной культуры и образуют специфический социальный феномен.

С начала 1980-х гг. сформировались известные бандитские группировки, как Mongrel Mob («Дворняги») и Black Power («Черная Сила»). Историю этих и других банд в Новой Зеландии на богатом этнографическом материале исследовал Джаррод Гилберт [3]. Он рассмотрел восприятие банд обществом, важные законодательные меры, направленные на борьбу с бандами, и методы контроля их деятельности.

Одним из видов угроз социетальной безопасности является терроризм. Терроризм в Новой Зеландии – достаточно редкое явление. По данным Global Terrorism Database, с 1970 по 2025 гг. насчитается всего 19 инцидентов, среди которых убийства, взрывы инфраструктуры, угон самолета, взятие заложников [2]. Самыми крупными из которых явились: теракт 15 марта 2019 г. в мечети Аль-Нур в Крайстчерче, при котором погиб 51 человек, еще 50 получили ранения; нападение террориста в сентябре 2021 г. в супермаркете Окленда, ранившего восемь человек. В ответ на данное нападение правительство страны быстро внесло поправки в законы о борьбе с терроризмом, включив, среди прочего, уголовную ответственность за планирование теракта.

Люди подчёркивали, что новозеландское общество далеко от инклюзивности, равно как и от монохромности. Чтобы чувствовать себя в безопасности, мигрантам и другим гражданам не хватает чувства социальной сплоченности и государственной поддержки. Однако социальная сплоченность должна осуществляться отдельно от контртеррористических усилий Новой Зеландии, поскольку она важна сама по себе и преследует более широкие социальные, экономические и культурные цели.

Главная задача правительства – укрепление демократии в Новой Зеландии путем обеспечения того, чтобы граждане могли вносить свой вклад в деятельность гражданского общества и влиять на то, что делает правительство, и как оно это делает. Власти Новой Зеландии сумели избежать популизма, при котором политики «продают» жесткие меры в отношении преступности и безопасности населения в ущерб демократическим ценностям. Руководство страны сумело проявить внимательность, социальную солидарность и вывести угрозы безопасности в поле публичного заинтересованного обсуждения.

Рассмотрев ключевые проблемы преступлений против общества, совершаемых в Новой Зеландии, можно утверждать, что в целях обеспечения социетальной безопасности в стране идет постоянный процесс вытеснения субъективных факторов, провоцирующих такие преступления. Ведется последовательная кампания за формирование социальной

сплочённости, за преодоление социетальных страхов, связанных с насилием. Вместе с тем, политические и социальные условия для проведения решительных действий против антиобщественных преступлений и механизмы долгосрочного регулирования их сосуществования с обществом пока не созданы. Это нарушает баланс в пространстве социетальной безопасности и ставит вопрос о поиске новых стратегий дальнейшего строительства государства всеобщего благоденствия.

Список литературы

1. Australian and New Zealand Standard Offence Classification (ANZSOC). URL: https://www.abs.gov.au/statistics/classifications/australian-and-new-zealand-standard-offence-classification-anzsoc/2011/introduction (Дата обращения 08.01.2023).
2. Global Terrorism Database (GTD). URL: https://www.start.umd.edu/data-tools/GTD (Дата обращения 10.04.2025).
3. Gilbert J. The rise and development of gangs in New Zealand. A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Sociology at the University of Canterbury. New Zealand: University of Canterbury, 2010. 717 p.

УДК 004.43+16

ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЯЗЫКОВ: ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Соловьев С.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
sergey.soloviev@inbox.ru
Научный руководитель: Архиереев Н.Л., д.ф.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Человек в повседневной жизни все больше задач делегирует компьютеру, что приводит к стремительному росту объема необходимого программного обеспечения. Сегодня существуют сотни активно развивающихся «компьютерных языков» – так будем называть искусственные языки, применяемые в разных предметных областях для записи компьютерных алгоритмов и представления данных [1]. Несмотря на существенные различия между ними, можно найти немало сходств. Но почему языковой ландшафт сформировался именно таким образом? Что определяет облик языков, области их применения и популярность у программистов? Ответы на эти методологические вопросы могут помочь в понимании эволюции компьютерных языков в контексте философии и истории науки, а также в проектировании новых языков [2]. Актуальность теме придает развитие нейросетевой генерации программ, требующее пересмотра критериев эффективности существующих языков. Сформулируем основные группы факторов, определяющих структуру, применение и социальную значимость компьютерных языков.

(1) Аппаратно-технические. Архитектура процессоров, ограничения памяти и т.п. задавали облик первых машинных языков, но и сейчас аппаратные особенности ЭВМ заметно влияют на дизайн языка. Например, эпоха многоядерных процессоров породила новые подходы к репрезентации параллельных вычислений. ***(2) Онтологические.*** Структура высокоуровневых языков отражает некоторые аспекты устройства реального мира или конкретных предметных областей, позволяя эффективно моделировать различные процессы. ***(3) Логико-математические***. Математический аппарат задает возможности и ограничения языка как системы моделирования. Открытия в логике и математике: λ-исчисление, теория типов [3] и пр. значительно влияют на практику конструирования языков. Заметен интересный парадокс: чем богаче и выразительнее язык, тем уже ниша его применения. ***(4) Эргономико-инструментальные.*** Включают удобство восприятия кода человеком, простоту соотнесения

кода с моделируемым процессом или описываемыми данными, а также возможности поддержки со стороны среды разработки (автодополнение, синтаксическая подсветка). ***(5) Социальные.*** В некоторых случаях структура социальных связей в сообществе программистов, традиции работы с инструментами влияют на облик языков, задают технические стандарты. Также заметна инерционность – опора на существующие подходы для простоты освоения сообществом новых языков. ***(6) Экономические.*** На развитие и облик языка может влиять оплата труда разработчиков, спрос на программные решения в конкретных секторах экономики, а также монополии корпораций, способных влиять на глобальный технологический ландшафт.

Подведем итог. В ходе философско-методологического анализа удалось выделить шесть групп факторов эволюции компьютерных языков: аппаратно-технические, онтологические, логико-математические, эргономико-инструментальные, социальные и экономические. Для точного понимания их роли в эволюции компьютерных языков, а также осмысления нового метафактора – генеративного искусственного интеллекта – требуются дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Иноземцев В.А. Трансформация видов компьютерной репрезентации информации в эволюции алгоритмических языков программирования // Известия МГТУ. 2014. № 3 (21). С. 116–121.
2. Казакова А.Е. Методологические основания развития языков программирования: автореф. дис. … канд. философ. наук: 09.00.08. (Философия науки и техники). М.: Изд-во МГУ, 2008. 22 с.
3. Пирс Б. Типы в языках программирования. М.: «Лямбда пресс»: «Добросвет», 2011. 655 с.

СЕКЦИЯ «ПЕДАГОГИКА И КОГНИТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 378.1

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ И УМЕНИЕ УЧИТЬСЯ: ХОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Асламазян М.С., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
am-ma@bmstu.ru
Научный руководитель: Ускова Д.Н., д.п.н., профессор
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

Для сохранения и поддержания психологического здоровья личности, включённой в процессы профессионального образования, необходимо изучать различные аспекты влияния образовательной среды и разрабатывать показатели, способные выявить, оценить и спрогнозировать особенности этого влияния.

Психологическое здоровье студентов: психоэмоциональное состояние студентов играет ключевую роль в процессе обучения. Высокий уровень стресса, тревоги и депрессии может негативно сказаться на академической успеваемости и социальной адаптации.

Стрессовые факторы: Основные стрессоры включают: высокие учебные нагрузки, недостаток сна, финансовые трудности, проблемы в отношениях и давление со стороны общества. Эти факторы могут привести к эмоциональному выгоранию и снижению мотивации. [1]

Умение справляться со стрессом развитие навыков управления стрессом (тайм-менеджмент, медитация, физическая активность) помогает студентам сохранять баланс между учебой и личной жизнью, улучшая общее самочувствие.

Социальная поддержка друзей, семьи и преподавателей важна для поддержания психического здоровья. Чувство принадлежности и взаимопомощи снижает уровень одиночества и тревожности.

Роль учебных заведений вузы могут способствовать улучшению психологического климата через организацию консультаций с психологами, проведение тренингов по развитию стрессоустойчивости и создание комфортных условий для учебы.

Мотивация и целеполагание чёткое понимание целей и мотивация к обучению повышают интерес к процессу получения знаний и снижают риск выгорания. Постановка реалистичных целей и отслеживание прогресса помогают поддерживать позитивный настрой.

Баланс работы и отдыха регулярный отдых и досуг необходимы для восстановления сил и сохранения продуктивности. Чередование учебной деятельности с развлечениями и хобби способствует поддержанию интереса к учебе.

Цифровые технологии и обучение использование цифровых инструментов может как облегчать процесс обучения, так и создавать дополнительные источники стресса. Важно находить баланс между использованием технологий и живым общением.

Развитие критического мышления умение анализировать информацию, задавать вопросы и делать выводы развивает когнитивные способности и повышает уверенность в собственных силах, что положительно сказывается на психическом здоровье. [2]

Формирование здоровых привычек регулярная физическая активность, правильное питание и достаточный сон укрепляют физическое и психическое здоровье, повышая способность эффективно усваивать новые знания.

Саморазвитие и личностный рост постоянное стремление к саморазвитию и осознание своего потенциала способствуют повышению самооценки и уверенности в себе, что улучшает общее психологическое благополучие.

Эмоциональный интеллект развитие эмпатии, умения управлять эмоциями и строить межличностные отношения помогает лучше адаптироваться к различным жизненным ситуациям и избегать конфликтов.

Культура психологической помощи повышение осведомленности о важности психологического здоровья и доступности профессиональной помощи снижает стигматизацию обращения к специалистам, способствуя своевременной поддержке.

Личностные ресурсы внутренняя устойчивость, оптимизм и гибкость позволяют студентам легче преодолевать трудности и сохранять положительное отношение к жизни даже в сложных ситуациях. [3]

Обратная связь и рефлексия регулярная оценка собственного прогресса и получение конструктивной обратной связи от преподавателей и коллег способствует осознанному подходу к обучению и личностному росту.

Список литературы

1. Эриксон Э. Идентичность: юность и кризис. М.: Прогресс, 1996. 344 с.
2. Салливан Г.С. Интерперсональная теория в психиатрии: переводное издание / пер. с англ. Исаковой О. М.: КСП+, 1999. 346 с.
3. Нестик Т.А. Коллективный образ будущего: социально-психологические аспекты прогнозирования // Вопросы психологии. 2014. № 1. С. 3-13.

УДК 008

ПОДХОД К ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Гришин К.П., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
kirillgrish2014@yandex.ru
Научный руководитель: Горячкин Б.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»

Динамика развития и применения технологий искусственного интеллекта (далее ИИ) в различных областях стремительно набирает обороты. Существующие системы замкнутого контура, эргатические системы потенциально возможно снабдить «умным» или «интеллектуальным» субъектом, способный снять часть нагрузки в задачах, стоящих перед человеком-оператором. Подобную интеграцию можно обозначить как интеллектуальный контур управления (далее ИКУ), представляющий трёхкомпонентную систему, где взаимодействие происходит между субъектами в цепочке «Человек – Машина — ИИ» [1].

При внедрении технологий ИИ в данном контексте, следует учитывать, какое именно место занимает каждая составляющая подобной системы, перечень и последовательность конкретных действий, принимаемым человеком – оператором в той или иной ситуации, а также задачи, которые следует делегировать «умной» составляющей.

Не менее важным стоит обозначить системно-деятельностный подход, как один из наиболее удачных при построении ИКУ, где система строится, основываясь прежде всего на потребностях, нуждах человека – оператора [2]. Отсюда вытекает противоречивость главенства интеллектуальной составляющей в связке «ИИ – Машина - Человек», за человеком всегда должно стоять принятие решений, «интеллектуальная» может быть в роли помощника.

В качестве фундаментальных характеристик, используемых при построении ИКУ возможно выбрать функции, требования и ограничения. Подобные характеристики могут быть заложены в основу каждого из этапов жизненного цикла данных ИИ [3] и будут явно показывать особенности, возможные недочеты, а также преимущества создаваемой системы ИИ в ИКУ. В свою очередь деятельность человека и машины будет прозрачной, а значит понятной при дальнейшем проектировании.

Такой подход позволит производить расчеты, показывающие общую эффективность параметров. В перспективе, подобный подход возможно использовать для создания полноценной интеллектуальной составляющей в контексте ИКУ.

Список литературы

1. Горячкин Б.С., Гришин К.П. Анализ нормативно-правовых документов, регулирующих работу интеллектуального контура управления // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2024. № 06. С. 65-73. DOI 10.37882/2223-2966.2024.06.14.
2. Горячкин Б.С. Проектная эргономика автоматизированных систем обработки отображения информации и управления: монография М.: Спутник+, 2023. 892 с.
3. ГОСТ Р 70889— 2023 (ИСО/МЭК 8183:2023) Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура жизненного цикла данных. URL: https://gostassistent.ru/doc/8a5bde2b-8703-472f-b6ab-6769115d52f8. (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 008

«РУССКИЙ МЕТОД» ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА: ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Киселева А.И., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
justgelik@mail.ru
Научный руководитель: Оплетина Н.В., к.с.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

История инженерной школы Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана насчитывает почти два столетия. Основанный в 1830 году как Московское ремесленное училище, вуз с самого начала реализовывал уникальный «русский метод обучения», разработанный профессором Дмитрием Советкиным и его коллегами [1]. Этот метод, основанный на неразрывной связи теории с практикой, получил признание на Всемирной выставке в Вене в 1873 году и заложил основы уникальной образовательной системы Бауманского университета. Традиции инженерной школы бережно сохранялись и развивались выдающимися учеными. Профессор Николай Жуковский, «отец русской авиации», создал основы аэродинамики и воспитал плеяду авиаконструкторов, включая Андрея Туполева. Академик Сергей Королев, выпускник МГТУ, возглавил советскую космическую программу, а его учитель Владимир Ветчинкин разрабатывал теорию реактивного движения. Эти имена олицетворяют «бауманский дух», сочетающий фундаментальные знания с практической реализацией самых смелых идей [2].

Современные учебные программы МГТУ сохраняют глубокое изучение фундаментальных дисциплин, таких как математика, механика и физика, обеспечивая прочную теоретическую базу для будущих инженеров. В то же время университет активно внедряет современные технологии: цифровое проектирование, искусственный интеллект, робототехнику и аддитивные производства. Этот синтез традиционных подходов и передовых методик позволяет выпускникам оставаться востребованными в высокотехнологичных отраслях.

Тесная связь науки и промышленности является отличительной чертой бауманской инженерной школы. Студенты уже с первых курсов вовлекаются в реальные проекты, работая в лабораториях, оснащенных по последнему слову техники, и сотрудничая с ведущими предприятиями оборонно-промышленного комплекса, космической и IT-индустрии. Этот

подход дополняется современными методами проектного обучения, формируя у студентов не только глубокие знания, но и навыки их практического применения.

В условиях, когда технологический суверенитет становится ключевым приоритетом развития России, знания и традиции МГТУ обретают особую значимость. Университет остается ведущей площадкой для подготовки кадров в высокотехнологичных сферах. Примером этого является работа Центра компетенций НТИ по направлению «Технологии машинного обучения и когнитивные технологии», где разрабатываются отечественные аналоги зарубежных нейросетевых платформ. Также студенты и преподаватели участвуют в создании российской микропроцессорной платформы «Эльбрус». Это обеспечивает не только практическую подготовку, но и формирует понимание вызовов, стоящих перед российской экономикой в условиях технологических ограничений [3]. Перспективы развития инженерной школы МГТУ тесно связаны с национальными приоритетами научно-технологического развития. Университет активно участвует в реализации Стратегии научно-технологического развития РФ до 2035 года, концентрируясь на таких направлениях, как искусственный интеллект, квантовые технологии, новые материалы и энергетика будущего. При этом сохраняется преемственность поколений, что обеспечивает передачу не только знаний, но и особой инженерной культуры.

Таким образом, МГТУ им. Н.Э. Баумана продолжает оставаться ведущим центром инженерного образования и научных исследований, внося значительный вклад в развитие технологического потенциала России и формирование будущего российской инженерии.

Список литературы

1. Научные школы Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. История развития / Под ред. И.Б. Федорова, К.С. Колесникова. 2-е изд., доп. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 463 с.
2. Ветчинкин В.П. Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». URL: https://bigenc.ru/c/vetchinkin-vladimir-petrovich-b9eec8 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Багдасарьян Н.Г., Колосков С.С. Инженерная элита в постнеклассическую эпоху: смена парадигмы деятельности // Гуманитарный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. В. 11. URL: https://hmbul.bmstu.ru/catalog/hum/socio/322.html (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 378.1

ОТ ШАХМАТНОЙ ДОСКИ К ИНЖЕНЕРНЫМ ПРОЕКТАМ: ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИГРЫ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА

Клюкин К.Д., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
klukin7@mail.ru
Научный руководитель: Оплетина Н.В., к.с.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

В современном мире, где инженерное дело становится все более сложным и многогранным, важно понимать, какие факторы способствуют развитию ключевых профессиональных качеств специалистов. Шахматы, как интеллектуальная игра, требующая стратегического мышления, креативности и аналитических навыков, представляют собой уникальный инструмент для формирования этих компетенций.

Шахматы имеют многовековую историю, зародившись в Индии и распространившись по всему миру. Они стали частью культурного наследия многих народов, отражая их традиции и ценности. М.М. Ботвинник, шестой в истории шахмат и первый советский чемпион мира по шахматам, считал, что шахматы являются частью человеческой культуры, пусть и весьма небольшой ее частью. Но достижения в шахматах могут рассматриваться как индикатор

общего уровня культурного и интеллектуального развития общества, страны. И если культура определенного государства занимала лидирующие мировые позиции в своем развитии, то, как правило, это находило отражение в высоком уровне шахматного мастерства его представителей [1].

Как интеллектуальная игра, шахматы делают мышление участников острее, учат думать глубже и просчитывать шаги и комбинации на шахматном поле наперед. Они развивают концентрацию, терпение, системное и стратегическое мышление. Шахматы – мощный инструмент для развития интеллекта.

Шахматы – это больше, чем спорт. Исторический анализ показывает, что в разные эпохи шахматы использовались как инструмент дипломатии и политики. Во время холодной войны шахматные матчи между СССР и США символизировали интеллектуальное противостояние двух сверхдержав. Так, например, советский дипломат А.Ф. Добрынин, излагая историю советско-американских отношений при президенте Картере, говорит о том, что «она напоминает сложную и запутанную шахматную партию, с той лишь разницей, что в реальной жизни она закончилась поражением обоих соперников, развалом политики разрядки» [2].

Игра в шахматы получила уникальное признание во времена СССР. Шахматы были интегрированы в образовательную и культурную систему страны. В Советском Союзе появились широкие возможности для выдвижения молодых талантов, были созданы «исключительные возможности для развития советского шахматного искусства» [1]. Ключевыми факторами становления советской шахматной школы стали уважение к традиции и преемственность, успех советских шахматистов на мировой арене, масштабирование культуры шахматной игры в различные сферы общества, доступность игры для каждого [3].

Массовая популяризация шахмат в СССР способствовала их внедрению в различные области, включая и сферу инженерной деятельности. Через приобщение детей и подростков к шахматам решалась тактическая задача по приобщению к сложноорганизованной инженерной деятельности и, в дальнейшем, к подготовке кадров для будущих конструкторских бюро, оборонных предприятий, инженерных и др. институтов.

Как в инженерной деятельности, так и в шахматах ключевыми качествами являются креативность, интеллектуальная гибкость и творческий подход. Данный вывод подтверждается качественным анализом автобиографических мемуаров выдающихся ученых и инженеров, которые любили шахматы, в числе которых – великий математик И.М. Виноградов, конструктор авиационных двигателей А.Д. Швецов, конструкторы ракетно-космической техники В.П. Глушко, С.П. Королев, В.Н. Челомей, М.К. Янгель.

Шахматы нередко помогали в конструкторском деле: шахматное расположение элементов систем, шахматная раскраска обеспечивали реализацию прорывных идей и технических решений. Известны примеры, когда шахматы помогали ученым в проведении испытаний инженерных разработок. В числе опытных образцов разработок советских инженеров с шахматной раскраской были ракеты Р-1, лунное посадочное устройство лунного корабля ЛПУ ЛК Л3, система аварийного спасения многоразового советского возвращаемого аппарата транспортного корабля снабжения (САС ВА ТКС).

Ключевыми качествами как для инженерной деятельности, так и для шахмат являются креативность, интеллектуальная гибкость и творческий подход. Шахматы – важный инструмент развития интеллектуальных и творческих способностей, а в деятельности инженера способствуют развитию очень важных качеств – системного мышления, креативного подхода к решению задач, способности находить нестандартные решения.

Список литературы

1. Ботвинник М.М. Советская шахматная школа (Популярный очерк). М.: ФиС, 1951. 72 с.

2. Добрынин А.Ф. Сугубо доверительно. Посол в Вашингтоне при шести президентах США (1962-1986 гг.). М.: Автор, 1996. 688 с.
3. Пустовойт Ю.В., Фокин С.С. Шахматная игра как феномен советской культуры жизни // Культурное наследие России. 2023. № 3 (июль – сентябрь). С. 20–25.

УДК 004.8

ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лятифов Р.Э., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
lyatifov@bmstu.ru;
Научный руководитель: Ляпунцова Е.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В докладе рассматривается роль обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) как фундаментального механизма формирования адаптивного поведения и познания. Приводится обзор принципов RL, его основных преимуществ и универсальности, демонстрируется, как метод обучения на ошибках позволяет создавать саморазвивающиеся системы, способные к автономному принятию решений. Отмечаются современные достижения в области RL, включая примеры интеграции алгоритмов с большими языковыми моделями, такими как DeepSeek, а также подчеркивается важность данного подхода для развития систем общего и сверхинтеллекта (AGI/ASI).

Введение в обучение с подкреплением. Определение RL как парадигмы, метода, в котором агент принимает решения через взаимодействия со средой, получая обратную связь в виде наград или штрафов [1]. Основные преимущества RL: адаптивность, самостоятельное обучение и универсальность применения в различных задачах, от игр до когнитивного моделирования.

Механизм обучения на ошибках как основа естественного познания. Иллюстрация принципа обучения на ошибках, сравнение с человеческим опытом самосовершенствования. Формализация базовых понятий (например, любознательность и жадность) через математические модели RL, позволяющие моделировать стратегии адаптации живых существ.

Современные достижения в развитии RL. Примеры интеграции RL с большими языковыми моделями (например, DeepSeek [2]), способными на цепочки рассуждений с выбором оптимальных решений в байесовском смысле. Недавние успехи в области RL, подтвержденные высокими наградами научного сообщества (например, премия Тьюринга для работ Саттона и Барто, полученная в марте 2025 года).

RL как ключевой элемент построения AGI и ASI. Обсуждение роли RL в создании самообучающихся и саморазвивающихся систем, способных к автономному принятию решений без привязки к классическим представлениям о сознании. Перспективы использования новых вычислительных платформ (биологических, квантовых, спиновых процессоров) для дальнейшего развития интеллектуальных систем.

Формализация когнитивных явлений и связь с кибернетическими теориями. Анализ того, как математическая база RL помогает объяснить абстрактные психологические и физиологические процессы, такие как адаптивное поведение, любознательность и жадность. Связь с теориями кибернетических систем и принципом свободной энергии, демонстрирующим, как из неживых систем возникает предсказательная агентность в биологических организмах [3].

Применение RL в робототехнике и системах управления. Обзор успешных практических применений RL в разработке беспилотных транспортных систем и антропоморфной робототехники. Перспективы внедрения RL в новые технологии управления,

что позволяет создавать системы с элементами саморазвития и автономии.

Личный опыт и перспективы дальнейших исследований. Представление результатов текущей работы в области когнитивного моделирования и робототехники, реализуемой в рамках образовательных программ и неформальных научных групп. Обсуждение амбициозных планов по расширению исследовательской деятельности в Бауманском университете и формализации полученного опыта в рамках международных проектов.

Доклад демонстрирует, что обучение с подкреплением является мощным инструментом, способствующим глубокому пониманию когнитивных процессов и созданию систем, приближающихся к понятию искусственного общего интеллекта. Универсальность и адаптивность RL открывают новые горизонты как в теоретическом, так и в прикладном аспектах науки, что делает его одной из ключевых технологий будущего.

Список литературы

1. Sutton R.S. et al. Reinforcement learning: An introduction. Cambridge: MIT press, 1998. V. 1. №. 1. Pp. 9-11.
2. Guo D. et al. Deepseek-r1: Incentivizing reasoning capability in llms via reinforcement learning // arXiv preprint arXiv:2501.12948. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2501.12948.
3. Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? // Nature reviews neuroscience. 2010. V. 11. №. 2. Pp. 127-138.

УДК 378.1

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ ФРЕЙМОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Мурашова И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
irina.murashova999@mail.ru
Научный руководитель: Цибизова Т.Ю., д.п.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»

Одной из передовых когнитивных образовательных технологий является методика, основанная на фреймовом представлении знаний. Фрейм в образовании представляет собой четкую структуру, которая упрощает подачу и восприятие учебного материала. Эта структура может быть визуализирована в виде схем, таблиц или алгоритмов. Данная технология применима как для школьников, так и для студентов высших учебных заведений. Благодаря своей ясной концепции и последовательности изложения информации, материал воспринимается образно и подходит для различных уровней образования. Технология «фрейм» активно используется не только в точных науках, но и в гуманитарных дисциплинах.

Метод фреймового представления знаний был введен американским ученым в области искусственного интеллекта Марвином Минским в 70-е годы XX века [1]. Он предложил этот термин для обозначения структуры знаний, предназначенной для восприятия пространственных сцен. Основная идея заключается в том, что информация воспринимается через образы. В настоящее время фреймы активно применяются в таких областях, как робототехника, когнитивное моделирование и экспертные системы, с целью упорядочивания различных заболеваний и разработки методов лечения.

Применение фреймовых технологий в образовании играет особую роль. Основные преимущества этой системы включают экономию учебного времени за счет четких алгоритмов, формирование системного мышления у обучающихся и возможность интенсивного освоения материала [2]. Однако использование данной технологии сопряжено с определенными трудностями, такими как недостаточная индивидуализация подхода к каждому обучающемуся и сложности в оценке реальных результатов усвоения знаний. Это

может негативно сказаться на образовательном процессе из-за нехватки практической составляющей. Понятие «экологической валидности», означающее степень соответствия условий эксперимента исследуемой реальности, также отсутствует. Другими словами, исследования в искусственной обстановке зачастую не отражают действительность из-за ограниченности информации.

Несмотря на указанные недостатки технологии фрейма, ее преимущества значительно перевешивают. Например, во время учебных занятий преподаватель может эффективно закреплять и проверять знания на каждом этапе: при изучении нового материала, закреплении пройденного, подготовке и проверке домашнего задания, а также контроле полученных знаний.

Таким образом, подводя итог всему вышесказанному, можно заключить, что цель всех когнитивных образовательных технологий заключается в обеспечении понимания обучающимися окружающего мира и их интеллектуальном развитии. Технология фреймового представления знаний полностью соответствует целям и сути современных когнитивных технологий.

Список литературы

1. Стародубов В.И., Сидоров П.И., Васильева Е.Ю. Оценка качества образовательной среды : учебник для студентов высших учебных заведений. Москва: Литтерра : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 458 с.
2. Барский А.Б. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления: монография. Москва: РУСАЙНС, 2024. 186 с.

УДК 378.1

АНАЛИЗ УДОВЛЕТВОРЁННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН (НА ПРИМЕРЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА)

Сыркин Д.Т., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социально-гуманитарные науки»
syrkindt@bmstu.ru
Научный руководитель: Цибизова Т.Ю., к.ф.н., д.п.н., зав. кафедрой
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социально-гуманитарные науки»

За основу была взята анкета-исследование, данные по которой были собраны в период с 25.02.2025г. по 28.02.2025г. в анкетировании приняли участие 165 обучающихся, что составляет 85,5 % от общего количества слушателей Подготовительного отделения МГТУ им. Н.Э. Баумана и это дает право на объективные выводы.

Для анализа наиболее актуальных вопросов мы можем выделить 5 основных этапов, на которые можно обратить внимание. Ключевыми являются 5 этапов.

1) Этап поступления и оформления документов до приезда, дистанционное обучение

На данном этапе сотрудникам нужно выявить, каким образом иностранец узнал о Подготовительном отделении и почему выбрал ПОД нашего ВУЗа? Были заданы 2 вопроса, ответы на которые показали основные тенденции, важные для сотрудников при приёме абитуриентов. [1]

а) Каким образом Вы узнали о Подготовительном отделении для иностранных граждан МГТУ им. Н.Э. Баумана?

Наиболее эффективными оказались 3 способа: а) взаимодействие с учебными учреждениями в стране будущих слушателей б) рекомендация друга/знакомого, обучавшегося на ПОД для иностранцев; в) официальный сайт и социальные сети МГТУ им. Н.Э. Баумана

б) Для чего Вы выбрали Подготовительное отделение МГТУ им. Баумана?

При исследовании было сделано наблюдение:

2/3 указали, что ключевыми критериями при выборе были изучение Русского Языка и адаптация к последующей учёбе на основном курсе. При зачислении нужно обратить внимание на эти два аспекта.

2) Период адаптации к обучению и проживанию, а также взаимодействию с гражданами других стран и культур

В первую очередь нам нужно узнать, насколько слушатели довольны процессом зачисления, оформления документов, а также дистанционной работой сотрудников до приезда в Россию. И здесь около 95% указали на то, что в значительной степени или полностью довольны процессом зачисления, оформления документов, а также дистанционной работой сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана до приезда в Россию.

Также было выявлено, что на вопрос «Помогают ли сотрудники ПОД и УМД (С) при решении вопросов обучения, миграционного учёта и проживания?» 89% слушателей ответили утвердительно. Остальные 5,5% либо не обращались за помощью, либо частично получили её.

Также, в этой категории были заданы вопросы о том, насколько слушателям комфортно взаимодействие с: а) одногруппниками; б) соседями по комнате; в) знакомыми иностранными слушателями

75-85% слушателей оценили опыт на хорошем и отличном уровнях.

3) Основной учебный процесс

Были рассмотрены: 1) Удовлетворённость учебным процессом (в сумме более 90% высказались за то, что они удовлетворены учебным процессом); 2) Достаточность учебной литературы (80% слушателей не испытывают недостатка в учебных материалах); 3) Желание слушателей изучать дополнительные дисциплины (Большинство слушателей желали бы изучать какие-либо другие дисциплины на ПОД) 4) Справедливость оценок по мнению слушателей (более 82% считают оценки справедливыми). 5) Наиболее важный аспект в ВУЗ (более 20% проголосовало за высокое качество образования и обучение с очень квалифицированными преподавателями. [2]

4) Внеаудиторные мероприятие (научные, культурно-творческие, познавательные)

На вопрос о проведении культурно-массовых мероприятий более 85% слушателей высказались утвердительно, а более 90% склоняются к тому, чтобы принимать участие в культурных мероприятиях (праздниках). [3]

5) Сдача экзаменов для получения сертификата и оценки уровня знаний, а также поступление на первый курс. Пост работа Деканата.

На вопрос «Оправдались ли ваши ожидания от обучения на Подготовительном отделении?», 78% слушателей ответили «Да». На вопрос «с какой вероятностью Вы порекомендуете Подготовительное отделение МГТУ им. Н.Э. Баумана своим друзьям или знакомым для обучения?» большинство слушателей порекомендовало бы ПОД.

Список литературы

1. Криштал М.М., Богданова А.В., Мягков М.Г., Александрова Ю.К. Цифровой след: оценка удовлетворённости студентов качеством образования // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 2. С. 89–108. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-89-108.
2. Даниелян М.Г., Метелькова Л.А. Особенности социокультурной адаптации студентов в многонациональной среде вузов России // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2022. В. № 3. С. 1-5.
3. Меркулова О.П. Удовлетворенность студентов получаемым образованием: методики диагностики и взаимосвязанные факторы. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Акмеология образования. Психология развития. 2015. В. 4. № 1 (13). С. 9-12.

УДК 004.81

КОГНИТИВНЫЕ АГЕНТЫ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Чечнев В.Б., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Социальные и гуманитарные науки»
gegrev@yandex.ru
Научный руководитель: Ляпунцова Е.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»

В условиях стремительного роста объёмов данных и усложнения процессов принятия решений возрастает потребность в интеллектуальных системах, способных адаптироваться к динамично изменяющимся условиям. Когнитивные агенты, обладающие способностью к обучению, адаптации и автономному принятию решений, становятся ключевым компонентом современных систем поддержки принятия решений (СППР). Они имитируют когнитивные функции человека, такие как восприятие, внимание и память, что позволяет им эффективно взаимодействовать с окружающей средой и принимать обоснованные решения. В СППР они выполняют ключевые функции, включая анализ данных, прогнозирование и выработку рекомендаций в условиях неопределенности.

Методы и подходы к разработке когнитивных агентов

Для исследования эффективности когнитивных агентов в СППР был проведён анализ существующих моделей и алгоритмов, используемых при их разработке. Современные исследования фокусируются на интеграции методов искусственного интеллекта и когнитивного моделирования для создания гибридных систем поддержки принятия решений. Такие системы сочетают в себе возможности нейронных сетей и экспертных систем, что позволяет эффективно обрабатывать как количественные, так и качественные данные. Например, разработаны когнитивные гибридные системы, которые применяются для поддержки принятия решений в динамических ситуациях с низкой структурированностью [1].

Применение когнитивных агентов в различных областях

Когнитивные агенты находят применение в различных сферах. Например, в финансовом секторе существую системы поддержки принятия инвестиционных решений в хедж-фондах, основанные на логико-лингвистическом моделировании и ситуационном подходе к управлению. Эти системы используют цифровых двойников для формализации и оптимизации инвестиционных решений, с учетом специфику финансовых рынков и присущих им рисков [2].

В области управления организационными и производственными системами когнитивные агенты применяются для анализа и разработки моделей и методов поддержки принятия решений. Это позволяет улучшить процессы управления и повысить эффективность работы организаций.

Преимущества, вызовы и перспективы

Использование когнитивных агентов в СППР способствует:

- Повышению адаптивности систем к изменениям внешней среды.
- Улучшению качества принимаемых решений за счёт учёта большего числа факторов и их взаимосвязей.
- Более эффективному использованию данных и информации.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение когнитивных агентов в СППР сопряжено с рядом вызовов. Среди них можно выделить необходимость обеспечения интерпретируемости решений, принимаемых агентами, а также сложности, связанные с обучением агентов в реальном времени. Можно отметить, что разработка гибридных систем, объединяющих различные подходы, представляется перспективным направлением для преодоления этих трудностей.

Когнитивные агенты играют важную роль в современных СППР, обеспечивая их гибкость и эффективность. Дальнейшие исследования в области разработки и внедрения таких

агентов будут способствовать созданию более интеллектуальных и адаптивных систем, позволяющих пользователям понимать и доверять предлагаемым решениям.

Список литературы

1. Ярушев С.А., Аверкин А.Н., Павлов В.Ю. Когнитивные гибридные системы поддержки принятия решений и прогнозирования // Программные продукты и системы. 2017. № 4 (30). С. 632-642.
2. Воронова Н.С., Яковлева Е.А., Шарич Э.Э., Яковлева Д.Д. Система поддержки принятия инвестиционных решений в хедж-фонде на основе логико-лингвистического моделирования и цифрового двойника // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 1. С. 327-340. DOI 10.18334/vinec.13.1.117176.

РАЗДЕЛ «СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

СЕКЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ»

УДК 51-74

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЖИДКОСТИ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Грушевой Д.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
grudmitry2001@gmail.com
Научный руководитель: Гончаров Д.А., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В условиях микрогравитации, характеризующейся практически полным отсутствием ощутимого веса, жидкое топливо может терять устойчивость и распределяться по всему объёму бака в виде капель сферической формы при движении ракеты без ускорения. Это усложняет процесс запуска двигателя, так как требуется усадка топлива. Потеря устойчивости жидкости также может быть обусловлена появлением волн Фарадея. Более того, такое поведение жидкости может быть опасным для двигательных установок из-за риска попадания паров в подающие трубопроводы. Потеря устойчивости жидкости также может привести к затоплению системы наддува. Кроме того, нарушение равновесия может привести к непреднамеренному перемешиванию криогенной жидкости и находящегося над ней пара, что приводит к тепло- и массообмену между двумя фазами и может привести к разрушению сухой части бака или снижению давления.

Для моделирования поведения жидкости в условиях невесомости можно использовать следующие современные численные методы:

1) Метод сглаженных частиц (англ. *Smoothed Particle Hydrodynamics*, SPH) - свободно-лагранжевый численный метод для решения уравнений механики сплошной среды. Разностная сетка в методе SPH отсутствует, сплошная среда заменяется дискретной системой расположенных в пространстве сглаженных частиц, допускающих произвольную связность друг с другом.

2) Вычислительная гидродинамика (англ. *Computational fluid dynamics, CFD*) — это раздел механики жидкости и газа, который использует численный анализ и структуры данных для анализа и решения задач, связанных с потоками жидкости. Компьютеры используются для выполнения вычислений, необходимых для моделирования свободного потока жидкости и взаимодействия жидкостей и газов с поверхностями, определяемыми граничными условиями.

Список литературы

1. Hoffman B.D., Sansone M.D., Brodnick J.M. Surface Instability of Liquid Propellants in Microgravity During Pulsed Settling Operations // AIAA SciTech Forum. 2024. (Orlando. 08 – 12 January, 2024). 2024. DOI: 10.2514/6.2024-222.
2. Паршиков А.Н. Численный метод SPH, использующий соотношения распада разрывов, и его применение в механике деформируемых гетерогенных сред: дис. … д.ф.-м.н. 01.02.04 / Паршиков А.Н. Москва, 2013. 202 с.
3. Вычислительная гидродинамика. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_fluid_dynamics (Дата обращения 04.04.2025).

УДК 629.7.036.54

ИССЛЕДОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ОКИСЛИТЕЛЯ МНОГОРАЗОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ЗА СЧЕТ ЗАБОРА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ БОРТОВЫМ ОКИСЛИТЕЛЕМ

Зацепин М.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
matvey.zatsepin.2017@mail.ru
Научный руководитель: Гончаров Д.А., д.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Создание многоразовых транспортных космических систем является актуальным направлением ракетно-космической техники. Отдельный интерес представляют одноступенчатые системы вертикального взлета и посадки, такие как HOTOL (Британия, 1982) и Skylone (Британия, 1989). Оба проекта предполагают повышение удельного импульса двигательной установки за счет использования в качестве окислителя и рабочего тела забортного воздуха.

Применение атмосферного воздуха ограничено явлением термодинамического вырождения системы, при котором работа, затрачиваемая на сжатие воздуха для подачи в камеру сгорания двигателя превышает выигрыш в работе в сравнении со случаем, когда атмосферный кислород не используется. Для снижения затрачиваемой на сжатие работы воздух предварительно охлаждают в теплообменниках. При этом, конструкция подобных теплообменников сложна: в случае Skylone на разработку подобного теплообменника было затрачено 20 лет, сам теплообменник имеет 3 жидкостных контура: гелиевый, водяной и метанольный. Основная сложность состоит в избегании ситуации, при которой воздушный лед закупоривает теплообменник.

В настоящей работе предлагается конструкция двигательной установки аппарата вертикального взлета и посадки, лишенная вышеописанных недостатков. Так, для охлаждения газа после воздухозаборника и диффузора посредством центробежных форсунок в поток вмешивается бортовой кислород. Далее смесь сжимается в осевом компрессоре. При этом, для снижения требуемых значений коэффициента повышения полного давления предлагается использовать клиновоздушный ЖРД с малым давлением в камерах сгорания порядка 4 МПа. Для получения безразмерных коэффициентов, характеризующих эффективность забора забортного воздуха введены две величины:

1. Коэффициент расхода показывающий, какую часть от номинального расхода в текущий момент времени забирает из атмосферы воздухозаборник:

$$K = \frac{m\prime}{m'_{\text{ном}}} \tag{1}$$

Где: m' - текущий расход атмосферного воздуха, $m'_{\text{ном}}$ - номинальный расход.

2. Коэффициент взятия, равный отношению расхода набортного кислорода в системе к расходу кислорода в ЖРД без забора воздуха той же тяги:

$$K_z = \frac{m_{\text{с}}\prime}{m_{\text{ЖРД}\prime}} = \frac{KI(1+g_{\text{ТНА}})+K*g_{\text{т}}}{KI} \tag{2}$$

Где $m_{\text{ЖРД}\prime}$ - расход кислорода, требуемый для работы ЖРД, $m_{\text{с}}{}'$ - расход кислорода в системе

KI = KI(K) – коэффициент смешивания, на который нужно умножить номинальный расход кислорода, чтобы получить его расход при заданном значении K. $g_{\text{ТНА}}$ и $g_{\text{т}}$ – коэффициенты расхода на работу ТНА и турбины компрессора.

Математическая модель ДУ предполагает следующие допущения: потери полного давления учтены один раз в воздухозаборнике, течение в диффузоре – адиабатическое, полная

энтальпия изменяется дважды: в КС и при вдуве кислорода, расход окислителя изменяется только при вдуве кислорода.

В работе рассмотрены 2 варианта работы ДУ. В первом варианте двигатель всегда отбирает весь доступный ему атмосферный воздух, довдувая недостающий для развития заданной тяги кислород. При таком режиме работы термодинамическое вырождение системы наблюдается при скорости 1500 м/с и высоте порядка 25 км.

Второй режим работы предполагает дросселирование воздухозаборника и вдув кислорода для обеспечения заданной тяги и некоторого оптимального значения температуры на входе в компрессор. При таком режиме работы вырождение термодинамической системы не наблюдается, а значения коэффициента забора превышают 0.95 на высотах порядка 40 км, что свидетельствует о том, что рассматриваемый подход позволяет эффективно отбирать воздух до этой высоты.

Описанная двигательная установка для избегания попадания в воздухозаборник возмущенного потока должна компоноваться на отдалении от корпуса, а воздухозаборник быть осесимметричным для нивелирования влияния углов атаки.

Так, в рассмотренной работе предложена конструкция ДУ, способного значительно (от 5 до 95% на высотах от 0 до 40 км) снизить расход набортного кислорода в ходе атмосферного участка траектории в сравнении с классическим ЖРД. Дальнейшей задачей является определение возможности создания одноступенчатой системы горизонтального взлета и посадки с применением топливной пары кислород-метан.

УДК 629.764.7

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ТОЛЩИНЫ СИЛОВОЙ КОНСТРУКЦИИ БАКОВ РАКЕТЫ С ЖРД

Кравченко Д.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kdp19m290@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Муравьев В.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Конструкторы ракетно-космической техники традиционно стремились к созданию равнопрочной конструкции при минимизации массы. Однако в случае некоторых оболочек, подвергающихся переменным напряжениям в меридиональном и/или окружном направлениях, для достижения равнопрочности необходимо использовать конструкции с переменной толщиной стенки. С развитием аддитивных технологий и методов ротационной вытяжки появилась возможность создания более сложных и эффективных конструкций, что открывает новые возможности для оптимизации толщины стенки баков ракет и требует методик расчета, позволяющих смоделировать конструкцию переменной толщины.

Целью данной работы является разработка и реализация алгоритма оптимизации толщины стенок бака ракеты с ЖРД на основе результатов расчета ПО Simence Femap. В качестве объекта исследования выбран один из вариантов бака окислителя, применяемый на второй ступени ракеты сверхлегкого класса (СЛК) «Воронеж», имеющий диаметр $D = 2{,}05$ м, состоящий из нижнего конического, верхнего полусферического днищ и цилиндрической обечайки.

Задачи исследования включают: разработку математической модели конструкции с учетом допущений: использование метода конечных элементов и вариационного принципа возможных перемещений; осесимметричная постановка задачи; идеальные кинематические и силовые граничные условия; отсутствие дефектов материала и несовершенств конструкции; определяющий расчетный случай – избыточное внутреннее давление; минимальная технологическая толщина $\delta = 1.5$ мм.

На первом этапе построена и рассчитана конечно-элементная модель исследуемого бака в осесимметричной постановке в среде Femap, состоящая из 100 четырехгранных четырехузловых плоских оболочеченых КЭ с постоянной толщиной стенки. Результаты анализа НДС конструкции были неудовлетворительными. Значительные области в обечайке бака второй ступени работали за пределом прочности.

На втором этапе разработан и применен автоматизированный пошаговый алгоритм изменения толщины оболочечного конечного элемента на основе результатов расчета Femap. Алгоритм позволяет уменьшать или увеличивать толщину, в зависимости от допустимого напряжения. Наибольшие напряжения наблюдаются в местах изменения кривизны.

В результате исследования разработан алгоритм оптимизации толщины силовой конструкции баков ракеты с ЖРД. Использование алгоритма позволило спроектировать равнопрочный бак и существенно снизить массу конструкции относительно исходного. По предварительной оценке, массовый выигрыш составляет 24% [1, 2].

Список литературы

1. Лизин В.Т., Пяткин В.А. Проектирование тонкостенных конструкций: учебное пособие для студентов вузов. / 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 448 с.
2. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. М.: ДМК Пресс, 2013. 784 с.

УДК 629.785

СТАНДАРТНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ РАЗВЕДКИ АСТЕРОИДОВ ГЛАВНОГО ПОЯСА

Малов Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
egor241202@gmail.com
Научный руководитель: Белов Г.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kr.duka@yandex.ru

Добыча полезных ископаемых в космическом пространстве сейчас не осуществляется. Однако при освоении космического пространства и его промышленной эксплуатации этот вопрос встанет уже в обозримом будущем. Особый интерес в этом отношении представляют собой астероиды главного пояса так как предлагают уникальные преимущества.

Высокая насыщенность главного пояса астероидами совместно с низкой гравитацией каждого отдельного астероида позволяет строить сложные логистические цепочки между ними с применением ракетного транспорта.

С другой стороны, современная освоенность космического пространства, не требует горнопромышленного освоения каких-либо тел (исключая Землю). Кроме того, технологии добычи полезных ископаемых в условиях микрогравитации на текущий момент отсутствуют. А современные средства доставки не позволяют обеспечить доставку горнопромышленного оборудования на поверхность астероидов главного пояса [1].

Стоит, однако, обратить внимание на невозможность получения достоверных данных о структуре и химическом составе астероидов дистанционными методами [2]. Поэтому необходимо прямое изучение астероидов беспилотными аппаратами.

Суть этого предложения состоит использовании опыта создания межпланетных станций для насколько это возможно массового изучения астероидов на предмет перспективности будущей добычи на них полезных ископаемых. Это позволит получить в будущем преимущество осведомлённости и заявки прав над прочими государствами.

К текущему моменту времени уже было проведено несколько миссий к астероидам. Их стоимость оценивается в 100-1000 млн.$. Очевидно, что масштабная разведка при такой

стоимости невозможна. При серийном выпуске стоимость каждого аппарата можно существенно уменьшить.

Такой стандартный аппарат должен будет сблизится с астероидом и изучить его структуру и состав. Для этого будет достаточно следующих приборов:

- Мультиспектральной фотокамеры;
- Спектрометра;
- Пускового устройства исследовательских снарядов.

Для обеспечения серийной сборки и запуска с небольшими интервалами требуется соответствие следующим критериям:

- Отсутствие привязки даты запуска к какому-либо астероиду от даты;
- Одинаковая конструкция межпланетных станций;
- Одинаковая программа полёта межпланетных станций.

Этим критериям может соответствовать аппарат, не совершающий гравитационных манёвров. Предварительный баллистический анализ показал, что использование химической двигательной установки оказывается в такой постановке задачи невозможным из-за массовых ограничений. Следовательно, основная двигательная установка межпланетной станций – электроракетная.

Целевые тела разведывательных аппаратов были выбраны в соответствии с вышеуказанными критериями. Такими телами послужили тела из списка малых тел солнечной системы ИПА РАН с параметрами: $\theta < 1°$; $a < 2.4$ а. е.; $e < 0.15$. Размер этой выборки составляет 1116 единиц . Такой размер выборки позволяет ожидать, что всегда будет существовать астероид, к которому будет возможно отправка аппарата.

Исходя из критерия введённого на основании расчёта перехода Гомона был определён астероид требующих наибольших энергетических затрат на межорбитальных переход. Путём оптимизации методом градиентного спуска с приоритетным направлением был определён потребный запас характеристической скорости, составивший 13726 м/с.

Массовый расчёт, проведённый на основании баллистического анализа показал рациональность деления межпланетного аппарата на два блока – разведывательный аппарат и электроракетный буксир. При таком делении общая масса межпланетной станции составит не более 2.5 тонн, что согласуется с массами аналогов [3] и позволяет применять современные двигательные установки.

Результаты, полученные в данном исследовании, представляют собой оценку, необходимую для дальнейших работ по проектированию аппаратов такого типа. В дальнейшем исследовании необходимо будет уточнить состав и характеристики систем, входящих в оба ракетных блока.

Список литературы

1. Багров А.В. Исследование и промышленное освоение космических ресурсов // Aerospace Sphere Journal. 2020. № 1 (102). С. 90-96.
2. Ананьев П.П., Васильев С.В., Мещеряков Р.В., Плотникова А.В., Беляков К.О., Кузнецов Е.Б., Перспективы развития космической горно-перерабатывающей отрасли // ИННОВАЦИИ. 2016. № 4 (210). С. 3-8.
3. Howard E. McCurdy. Low-cost innovation in spaceflight: monographs in aerospace history. № 36. Washington, DC: National aeronautics and space administration office of external relations history division, 2005. 76 p.

УДК 629.7

РАЗРАБОТКА МНОГОРАЗОВОГО СПУСКАЕМОГО АППАРАТА КЛАССА «НЕСУЩИЙ КОРПУС»

Нгессан Я.М.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное Машиностроение»
yaonguessan09@gmail.com
Научный руководитель: Зарубин В.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное Машиностроение»

Разработка многоразового спускаемого аппарата (МСА) класса «Несущий корпуса» направлена на снижение стоимости и повышение эффективности доставки грузов и экипажей с орбиты. Основное внимание уделено ключевым аспектам разработки: выбору оптимальной аэродинамической схемы, анализу летных характеристик, расчету баллистических траекторий спуска, проектированию многоразовой теплозащиты и систем точной посадки. Особое значение придается оптимизации массогабаритных параметров аппарата и оценке его эксплуатационного потенциала для обслуживания орбитальных станций. Результаты исследования позволяют определить перспективные технические решения для создания экономически эффективного МСА [1].

Выбрана аэродинамическая схема спускаемого аппарата типа “Несущий корпус”. Данная схема обеспечивает создание подъемной силы за счет формы корпуса без использования крыльев. Использование этой схемы обеспечивает высокую маневренность, управляемость и многоразовость. Аппарат цилиндрической формы с закругленными краями оптимизирован для работы в атмосферах Земли, Марса и других планет, сочетая аэродинамическую эффективность с полезным объёмом.

В рамках работы проведен анализ аэродинамических характеристик спускаемого аппарата, включая оценку подъёмной силы, аэродинамического сопротивления и управляемости. Расчеты, выполненные с использованием программного комплекса PTC Mathcad Prime 9, позволили получить количественные значения ключевых характеристик аппарата, таких как коэффициенты нормальной и продольной силы, коэффициенты лобового сопротивления и подъёмной силы.

В работе рассматриваются баллистические режимы спуска МСА и конструкция системы тепловой защиты. Определение характеристик баллистических режимов спуска проведено при помощи системы дифференциальных уравнений, описывающих движение под действием гравитации и аэродинамических сил [2]. Расчеты, выполненные в PTC Mathcad Prime 9, показали максимальную перегрузку 8.24 g при спуске, а также получить зависимости скорости, высоты, дальности и угла наклона траектории от времени. По полученным зависимостям проведен тепловой расчет, который показал максимальное значение равновесной температуры в передней критической точке МСА порядка 5340К. В виду полученных значений предложено применение в составе многоразового теплозащитного покрытия материалов, обладающих высокими значениями максимальной рабочей температуры, таких как углерод-углеродные композиционные материалы, композиционные материалы на основе углеродных волокон и керамика на основе карбид-корундовых волокон [3].

Наиболее важными характеристиками спускаемого аппарата являются его массовые характеристики. Они во многом определяют все остальные параметры устройства, влияя на его эффективность, надежность и стоимость. На начальном этапе проектирования широко используются статистические зависимости массовых характеристик на основе данных об известных проектах спускаемых аппаратов, их систем, конструкции и теплозащиты.

Многоразовые спускаемые аппараты − ключевой элемент космической инфраструктуры, снижающий стоимость доставки грузов суммарной массой до 7,5 т и экипажей за счёт повторного использования. С их помощью проводится обеспечение и

обслуживание орбитальных станций: ремонт, дозаправка, коррекция орбиты, а также мероприятия по продлению срока службы спутников. МСА повышают экономическую эффективность за счет возможности многократного использования (до 10 раз) и экологичность, уменьшая количество космического мусора. Применение многоразовой теплозащиты сокращает затраты на послеполетное обслуживание МСА. Кроме того, МСА являются перспективным решением для обеспечения лунных и марсианских миссий.

Список литературы

1. Краснов Н.Ф., Захарченко В.Ф., Кошевой В.Н. Основы аэродинамического расчета. М.: Высшая школа, 1984. 264 с.
2. Болтин В.А., Миненко В.Е., Решетин А.Г., Скотников А.П., Щукин АН. Патент N° 2083448 Российская Федерация, ППК B46G1/62 Космический аппарат для спуска в атмосфере планеты и способы спуска космического аппарата в атмосфере планеты: №94029351: заявка 05.08.1994: опубл. 10.07.1997. Бюл. №19. 18 с.
3. Bergin C. Cargo Dream Chaser solidifies ULA deal by securing six Vulcan Centaur flights URL: https://www.nasaspaceflight.com/2019/08/cargo-dream-chaser-solidifies-ula-deal-vulcan/ (Дата обращения 30.03.2025).

УДК 629.764.7

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАКОВ РАКЕТЫ С ЖРД С УЧЁТОМ ЖИДКОГО НАПОЛНЕНИЯ

Сорокин Г.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
gleb@rocketdude.ru
Научный руководитель: Муравьев В.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные ракеты-носители требуют высокой точности оценки их динамических характеристик для обеспечения устойчивости полёта, надёжности конструкции и корректного функционирования систем управления. Особую сложность представляет моделирование баков с жидким наполнением, так как движение жидкости в замкнутом объёме оказывает значительное влияние на динамику баков и ракеты.

Целью данной работы является разработка метода оценки динамических характеристик баков, заполненных жидкостью, ракеты с ЖРД на их оболочечных моделях. В качестве объекта исследования выбран один из исследуемых вариантов бака горючего, применяемый на второй ступени ракеты сверхлегкого класса (СЛК) «Воронеж», имеющий диаметр $D = 1{,}7$ м, состоящий из нижнего конического и верхнего полусферического днищ и не имеющий цилиндрической обечайки; бак заполнен до распорного шпангоута.

Задачи исследования включают: применение упрощенной модели, учитывающей поведение массы жидкости как маятника; построение оболочечной конечно-элементной модели существующего бака с учетом его геометрии, жесткости и условий закрепления; сравнение результатов, полученных с помощью МКЭ и пружинной модели, и анализ вклада жидкого наполнения в общую динамику конструкции.

На первом этапе построена пружинная модель, основанная на подходе Колесникова К.С. [1], где колеблющаяся жидкость моделируется в виде маятника на пружинах. Динамические параметры (жёсткость, масса, момент инерции, координаты центра масс) определяются аналитически, исходя из геометрии бака и физических свойств жидкости (керосин, $\rho = 810$ кг/м³), и на основе экспериментальных и численных данных [2]. В результате расчета частота первого тона колебаний бака составила $\nu = 4{,}098$ с$^{-1}$.

На втором этапе построена подробная конечно-элементная модель исследуемого бака в среде Siemens Femap, состоящая из оболочечных плоских конечных элементов типа “plate”. Принимались следующие допущение: осциллирующая масса жидкости воздействует на часть днища ограниченной высоты. Рассматривалось несколько вариантов области взаимодействия, отличающихся высотой. Жидкость соприкасается только с коническом днищем. Масса «замороженной» жидкости равномерно распределена в виде точечных масс по узлам конического днища.

Результаты конечно-элементного моделирования показали, что учет жидкого наполнения существенно снижает частоту основного колебательного тона с $6{,}97\ с^{-1}$ до $4{,}24 - 4{,}43\ с^{-1}$ в зависимости от распределения сил от пружинного маятника по оболочке. При более равномерном распределении сил частота асимптотически стремилась к значению инерции осциллирующей жидкости, отличающемуся от вычисленного аналитически для абсолютно жесткого бака. Это показывает важность учёта динамики жидкости при проектировании подобных упругих систем.

Список литературы

1. Колесников К.С. Динамика ракет: учебник для вузов. / 2-е изд., исправл. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 520 с.
2. Микишев Г.Н., Рабинович Б.И. Динамика твердого тела с полостями, частично заполненными жидкостью. М.: Машиностроение, 1968. 540 с.

СЕКЦИЯ «АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, КОСМИЧЕСКИЕ ПАРУСНЫЕ СИСТЕМЫ И КИБЕРКОСМОС»

УДК 629.7

СИНТЕЗ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРЕБОВАНИЙ К ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Зацепин Д.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
zdi20m478@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Тененбаум С.М., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
tenenbaum@bmstu.ru

Определение необходимых характеристик различных систем является ключевой задачей проектирования космического аппарата.

Целью работы является исследование влияния несовершенства проектных параметров исполнительных органов и датчиков космического аппарата на конечную ориентацию и стабилизацию и выбор наиболее экономически целесообразного комплекта.

Программа исследования.

Работа носит объектно-ориентированную направленность и была выбрана для изучения возможности выполнения требований по ориентации $0{,}12°\ (3\sigma)$ и стабилизации $0{,}006°/с\ (3\sigma)$ со стороны главной целевой аппаратуры космического аппарата типа CubeSat – оптико-электронной камеры.

В ходе исследования были выполнены следующие задачи: разработана математическая модель вращательного движения космического аппарата в программном пакете MATLAB Simulink; разработанная математическая модель была верифицирована в программном пакете MSC Adams; изучено влияние математических моделей с различными несовершенствами проектных параметров управляющих двигателей-маховиков, звездного датчика и блока волоконно-оптических гироскопов; выбран наиболее экономически целесообразный комплект аппаратуры, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к космическому аппарату.

Таким образом показано, что наиболее рациональным с экономической точки зрения для выполнения требований предъявляемых к космическому аппарату, является комплект аппаратуры со следующими характеристиками: звездный датчик с погрешностью определения центра поля зрения не более $5''(1\sigma)$ и погрешностью определения положения вокруг оси визирования не более $40''\ (1\sigma)$; управляющие двигатели-маховики с точностью поддержания угловой скорости не хуже $5\ \text{об/мин}\ (1\sigma)$; блок волоконно-оптических гироскопов со стабильностью смещения нуля не более $1°/\text{ч}\ (1\sigma)$ и случайным блужданием не более $0{,}1\ °/\sqrt{\text{ч}}\ (1\sigma)$.

УДК 629.7.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛЁТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

Мингалев И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ming.ii@yandex.ru
Научный руководитель: Соболев И.А., доцент, к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Полёт космического аппарата с солнечным парусом (КАСП) происходит за счёт действия силы светового давления, которая в общем случае не является непрерывной

функцией из-за влияния тени Земли. Постоянное же действие на низкоорбитальные КАСП, оказывают силы аэродинамического сопротивления, которые зачастую не учитывают, говоря о динамике космических аппаратов (КА) данного типа [1].

КАСП, обладая высокими показателями парусности (отношения площади солнечного паруса (СП) к массе КА), во время полёта подвержены влиянию больших аэродинамических сил, поэтому важность их учета очевидна. При этом аэродинамика орбитальных КА обладает своими особенностями в силу разрежённости окружающей атмосферы и свойств взаимодействия частиц с поверхностью аппарата [2].

Для исследования динамики полёта КАСП, в частности для анализа влияния аэродинамических сил и определения высот функционирования, была создана математическая модель (ММ) в программном комплексе Matlab&Simulink. Модель описывает орбитальное движение КАСП с обеспечением требуемого углового положения аппарата в пространстве. В ней учтены силы аэродинамического сопротивления, сила светового давления, сила земного притяжения, а также включено влияние тени Земли.

В ММ возможно использование различных законов управления КАСП, в том числе и локально-оптимального [1], [3]. Локально-оптимальный закон выведен для идеально отражающего с обеих сторон СП, движущегося в плоскости эклиптики, поэтому созданная модель позволяет оценить, как неполное геометрическое отражение и односторонность СП влияют на движение КА и управление им.

Выработка управляющих моментов для обеспечения требуемой угловой ориентации КАСП выполняется ПИД-регуляторами, принимающими на вход ошибку ориентации (разность между требуемым и текущим положением) по трём каналам. Величина вырабатываемых моментов ограничивается по модулю вследствие невозможности обеспечения на КА данного типа больших управляющих моментов. Вопрос выбора органов управления для КАСП требует дополнительных исследований.

В результате единичного моделирования с конкретными начальными условиями ММ позволяет получить графики зависимости от времени параметров, описывающих положение и ориентацию КАСП в пространстве, а также действующие на КАСП силы, оценить изменение апогея и перигея орбиты КАСП в течение заданного промежутка времени, а также эволюцию орбиты в целом. Есть возможность запуска параллельного моделирования, по результатам которого можно получить график высот функционирования КАСП, на оси абсцисс которого откладывается начальная высота орбиты, а на оси ординат – усреднённая за время моделирования скорость изменения большой полуоси.

Для подтверждения верности созданной ММ были определены высоты функционирования КАСП по исходным данным КА ACS3, разработанного американской компанией NanoAvionics. Сравнение графиков показало их сходимость в допустимом диапазоне, что говорит о правильности заложенных в ММ алгоритмов.

Таким образом, созданная ММ позволяет исследовать орбитальное движение и ориентацию КАСП, а также определять высоты их функционирования.

Список литературы

1. Поляхова Е.Н. Космический полет с солнечным парусом / Под ред. В.А. Егорова. Изд. стереотип. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2018. 320 с.
2. Ковтуненко В.М., Камеко В.Ф., Яскевич Э.П. Аэродинамика орбитальных космических аппаратов / Под ред. Е.Л. Орлика. К.: «Наукова думка», 1977. 157 с.
3. Wilkie W.K., Fernandez J.M., Stohlman O.R., Schneider N.R., Dean G.D., Kang J.H., Warren J.E., Cook S.M., Heiligers J., et al. Overview of the NASA advanced composite. // In AIAA Scitech 2021 Forum. (Virtual, 11-21 January, 2021): proceedings. V. 1. Part F. Pp. 1-23. American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc. (AIAA). DOI: 10.2514/6.2021-1260.

СЕКЦИЯ «ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»

УДК 651.513.1

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТИПОВОЙ ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ ПО КАНАЛУ ТАНГАЖА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ

Изотова И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ira.izotova.00@bk.ru
Научный руководитель: Илюхин С.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Синтез корректирующих фильтров является одной из ключевых задач при проектировании систем автоматического управления (САУ). Эффективность работы таких систем в значительной степени зависит от правильной настройки их динамических характеристик, что требует применения надежных и математически обоснованных методов анализа и синтеза. Среди таких методов особое место занимает метод корневых годографов, который позволяет наглядно исследовать влияние параметров корректирующих устройств на динамические свойства системы, такие как устойчивость, скорость реакции и качество переходных процессов [1].

В работе представлена структурная схема системы стабилизации типовой зенитной управляемой ракеты (ЗУР) по каналу тангажа, на основе которой разработана ее передаточная функция [2]. Для анализа устойчивости и подбора параметров корректирующего устройства используется метод корневых годографов [3]. Моделирование производилось в среде объектно-ориентированного программирования, что позволило быстро и наглядно оценивать устойчивость системы при изменении коэффициента корректирующего устройства, и, как следствие, расположения корней системы на комплексной плоскости.

В результате для исследуемой системы стабилизации по каналу тангажа был выбран ПД-регулятор, обеспечивающий требуемые динамические характеристики. При помощи метода корневых годографов было найдено первое приближение пропорциональной составляющей регулятора, дифференциальная составляющая подобрана методом ручной настройки. Также были проанализированы запасы устойчивости по амплитуде и фазе по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам (ЛАЧХ) и логарифмическим фазово-частотным характеристикам (ЛФЧХ).

Практическая значимость работы заключается в предложении алгоритма синтеза САУ. Полученные данные могут быть использованы при проектировании систем управления ракетными комплексами.

Список литературы

1. Андриевская Н.В., Билоус О.А., Спешилова Ю.С. Анализ и синтез систем автоматического управления методом корневого годографа с использованием пакета Matlab // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2012. № 6. Pp. 275-281.
2. Илюхин С.Н. Синтез системы наведения и контура стабилизации методом логарифмической амплитудно-частотной характеристики на примере произвольной модели зенитной управляемой ракеты // Молодежный научно-технический вестник. 2012. № 7. URL: http://sntbul.bmstu.ru/doc/467279.html (Дата обращения 05.05.2025).
3. Удерман, В.Г. Метод корневого годографа в теории автоматического управления. Москва: Государственное энергетическое издательство, 1963. 112 с.

УДК: 533.6

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ВОЗВРАЩАЕМОЙ СТУПЕНИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ ЕЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

Кондрашев Д.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
daniilkondrashevvv@yandex.ru
Научный руководитель: Луценко А.Ю., к.т.н., доцент, декан
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Развитие многоразовых ракет-носителей требует совершенствования методов управляемого спуска и посадки возвращаемых ступеней. Газодинамическое торможение является перспективным подходом, позволяющим снизить скорость и минимизировать тепловые нагрузки на конструкцию. Однако сложность взаимодействия реактивной струи с набегающим потоком и изменчивость атмосферных условий на разных высотах требуют детального численного моделирования для оптимизации этого процесса.

Целью исследования является разработка численной модели обтекания возвращаемой ступени при газодинамическом торможении для определения ключевых аэродинамических параметров. Это позволит повысить точность прогнозирования поведения ступени при спуске и оптимизировать систему управления торможением.

Важной частью работы стало численное моделирование сложных физических процессов, включающее расчет струйных течений при различных режимах работы двигателей с последующей экспериментальной верификацией полученных результатов с экспериментальными [1, 2]. Также проведено детальное моделирование взаимодействия реактивной струи с набегающим сверхзвуковым потоком, что позволило оценить влияние ключевых параметров на эффективность торможения.

Завершающим этапом стало численное исследование аэродинамических характеристик возвращаемой ступени в условиях газодинамического торможения.

Список литературы

1. Шелухин Н.Н. Исследование характеристик сверхзвуковой турбулентной перерасширенной струи // Ученые записки ЦАГИ. 1991. № 5. С. 69-76.
2. Шелухин Н.Н. Исследование характеристик сверхзвуковой недорасширенной струи // Ученые записки ЦАГИ. 1995. № 1-2. С. 78-87.

УДК 629.78

МОДИФИКАЦИЯ ФОРМУЛЫ ОЦЕНКИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ

Кошелев И.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ivankoshelev2002@yandex.ru
Научный руководитель: Ивашкин В.В., д.ф.-м.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Гравитационные потери скорости (ГП) оказывают значительное влияние на эффективность разгонных маневров, увеличивая расход топлива. Для получения более точных исходных баллистических данных, включая фактические затраты характеристической скорости, их необходимо учитывать уже на этапе предварительных проектных расчетов в импульсной постановке.

Возможно два подхода к определению ГП: численный и аналитический.

Численный метод расчета основан на моделировании реальной динамики движения космического аппарата (КА) на этапе разгона с учетом параметров двигательной установки

(ДУ) и проведения численного интегрирования, что позволяет получить точное значение ГП, но при этом требуются большие вычислительные ресурсы. По формуле Циолковского определяется величина характеристической скорости маневра $\Delta V_{хар}$ с использованием данных о конечной массе КА, полученной в результате моделирования, а также характеристик ДУ. Импульсную скорость $\Delta V_{имп}$ получаем из решения задачи перехода с одной орбиты на другую в импульсной постановке. ГП в этом случае вычисляются по формуле:

$$\Delta V_{гр} = \Delta V_{хар} - \Delta V_{имп}. \quad (1)$$

Аналитический метод расчета ГП использует приближенные оценочные формулы, зависящие от характеристик маневра, полученных при решении задачи в приближенной импульсной постановке. Эти зависимости позволяют оценить ГП без проведения сложного численного моделирования, однако их точность в ряде случаев ограничена. В литературе представлены различные аналитические формулы оценки ГП [1-2]. Однако при сравнении с численными расчетами выявлено, что данные формулы дают значительные расхождения в некоторых случаях, особенно при разгоне на отлетные гиперболические траектории. Это указывает на необходимость их модификации для увеличения диапазона их применимости.

Для повышения точности оценки ГП предложен двухэтапный процесс модификации аналитической зависимости. На первом этапе проводится разбиение множества конечных разгонных орбит на интервалы и вычисление коэффициентов для каждого интервала методом наименьших квадратов. На втором этапе полученное множество коэффициентов аппроксимируются полиномом в зависимости от величины импульса скорости маневра.

Проверка новой формулы показала значительное снижение расхождений с численными данными для отлетных траекторий. К примеру, при разгоне на отлетную траекторию со скоростью «на бесконечности» $V_\infty = 5$ км/с по результатам моделирования получаем величину ГП 192,57 м/с. Оценка ГП по старой формуле составила 170,31 м/с, а при использовании новой формулы получили 192,69 м/с. Таким образом, удалось уменьшить ошибку оценки со значения ~10% до величины ~0,1%. Аналогичную ситуацию можем наблюдать при сравнении известных расчетных данных ГП [3] с оценками, полученными по старой и новой формулам. Отметим, что в разработанной методике не требуется проведение численного интегрирования для получения оценки ГП с точностью не хуже ~5%.

Предложенная модификация аналитической формулы позволила существенно повысить точность оценки ГП при разгонных маневрах, особенно для отлетных траекторий. Разработанный метод показывает хорошее согласование с численным моделированием. Это подтверждает возможность эффективного использования полученной зависимости в предварительных баллистических расчетах, снижая необходимость в ресурсоемких численных методах на ранних этапах проектирования.

Список литературы

1. Robbins H.M. An analytical study of the impulsive approximation. // AIAA Journal. 1966. V. 4. № 8. Pp. 1417-1423.
2. Хохулин В.С., Чумаков В.А. Проектирование космических разгонных блоков с ЖРД: учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: МАИ, 2000. 72 с.
3. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Лю В. Анализ оптимальных маневров разгона и торможения космического аппарата при его полете к Луне // Космонавтика и ракетостроение. 2015. № 1 (80). С. 37-47.

УДК 629.78

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПО АНАЛИЗУ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ LSTM

Кроткова Н.О., студент
МГТУ им. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
natashakrotkova@mail.ru
Научный руководитель: Корянов В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В данной работе разрабатывается модель, прогнозирующая и классифицирующая нештатные ситуации работы космического аппарата на основе анализа временных рядов телеметрических данных, полученных из системы управления движением и навигацией. Применение модели LSTM (Long Short-Term Memory, Долгая краткосрочная память) [1] позволяет эффективно учитывать краткосрочные и долгосрочные зависимости в данных, что является ключевым фактором повышения точности прогнозирования. Разработка синтетической генерации аномалий и использование метода скользящего окна для разметки выборки обеспечили создание сбалансированного обучающего набора, способного адекватно отражать динамику штатного режима и аномальных состояний [2]. Экспериментальные исследования продемонстрировали высокую точность классификации свыше 99 % при минимальном значении ошибки, а внедрение механизма временной верификации предсказаний (требование трёх последовательных идентичных результатов) позволяет надежно подавлять ложноположительные и ложноотрицательные срабатывания с допуском увеличения времени реакции на 15 секунд. Полученные результаты свидетельствуют о практической применимости разработанной модели для оперативного мониторинга технического состояния космического аппарата и своевременного обнаружения нештатных ситуаций [3].

Список литературы

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. 1997. V. 9. № 8. С. 1735–1780.
2. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey // ACM Computing Surveys. 2009. V. 41 № 3. С. 1–58. DOI: 10.1145/1541880.1541882.
3. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. 2018. URL: https://otexts.com/fpp3/ (Дата обращения 2025-03-31).

УДК 533.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОЗВРАЩАЕМОЙ СТУПЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ РУЛЕЙ

Семенов Н.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
nikitasemenovsm@mail.ru
Научный руководитель: Луценко А.Ю., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Ракета-носитель (РН) представляют собой объект, требующий постоянного модифицирования. На сегодняшний день на первый план выходят такие показатели, как удельная стоимость выведения полезной нагрузки на целевую орбиту и затраты на производство РН, непосредственно влияющие на первый показатель.

Решением этого вопроса выступает технология «многоразовых систем запуска». Отечественным примером такой системы является перспективный «Союз-7» (Амур-СПГ). Важным органом управления на подобных системах в последние годы стали рулевые поверхности, расположенные в верхней части ступени. Аэродинамические рули создают управляющую силу путем изменения условий внешнего обтекания [1].

В данной научно-исследовательской работе были рассмотрены цельные и перфорированные рули, исследованы различные конструктивные особенности решетчатых рулей-стабилизаторов с целью анализа их влияния на аэродинамические характеристики (АДХ) ступени при посадке. Тестовая программа включала в себя анализ АДХ на трех характерных числах Маха (M = 0,75; 1,5; 2,5) и углах атаки в диапазоне [0°, 15°] с шагом в 5 градусов.

Результаты исследований и анализа показали, что модели решетчатых рулей с рядом конструктивных особенностей (оптимальным количеством планов, полными и локальными выносами) являются более эффективными, чем классические решетчатые рули, с точки зрения аэродинамического коэффициента продольной силы, а также достаточно эффективными (с учетом требований к первой ступени в целом) на числах Маха до M = 1,5 по значению аэродинамического коэффициента нормальной силы. [2]

Собранные данные по конструктивно-компоновочным схемам решетчатых рулей позволили дать рекомендации для их использования на первой ступени РН «Союз-7» с целью управления ее АДХ. Приводится сравнение влияния перфорированных и решетчатых рулей различных видов на АДХ ступени.

Результатом работы является анализ изменения АДХ первой ступени РН «Союз-7» вследствие выбора того или иного типа аэродинамических рулей.

Список литературы

1. Голубев А.Г. Аэродинамика: учебник / А. Г. Голубев и др.; под ред. В. Т. Калугина. 2-е изд., испр. и доп. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 607 с.
2. Debiasi M., Yan Z., Loon C.T. Swept-back grid fins for transonic drag reduction // 28th AIAA Applied Aerodynamics Conference (Chicago, 28 June - 01 July, 2010). 2010. Pp. 1–17. DOI: 10.2514/6.2010-4244.

УДК: 629.735.015

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ОБТЕКАТЕЛЯ ВНЕШНЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Фотина А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
anya_fotina@bk.ru
Научный руководитель: Голубев А.Г., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В процессе эксплуатации и модернизации на самолёты специального и военного назначения устанавливают дополнительное оборудование, выходящее за теоретический контур летательного аппарата, которое необходимо закрывать обтекателем. Установка обтекателей приводит к росту коэффициента лобового сопротивления, уменьшению дальности полёта, крейсерской скорости и критического числа Маха. За счет интерференционного взаимодействия при больших дозвуковых скоростях образуются локальные сверхзвуковые зоны на обтекателе или между обтекателем и другими элементами конструкции ЛА. Неверно спроектированные обтекатели могут привести к образованию вихревых структур за ними, что может привести к вибрации обшивки за обтекателем, вплоть

до разрушения конструкции. Оптимизация формы обтекателя позволяет уменьшить данные потери. В работе были рассмотрены три варианта обтекателей, имеющие одинаковую высоту и длину, однако различные удлинения носовых и кормовых частей. А также был произведен расчет аэродинамических коэффициентов на диапазоне чисел Маха обтекателя на пластине.

Для решения задачи была построена неструктурированная тетраэдальная расчетная сетка для трёх вариантов обтекателей [1]. С помощью численного моделирования были получены изменения коэффициентов лобового сопротивления в зависимости от формы обтекателя. Численное исследование проводилось путём решения уравнений Навье-Стокса, осреднённых по Рейнольдсу на вычислительном программном комплексе для гидрогазоаэродинамики, модель турбулентности была выбрана $k-\omega$ sst. Был проведён сравнительный анализ полученных данных для трёх вариантов обтекателей. Были построены картины распределения давления, линии тока и векторов скорости, распределение числа Маха по плоскости симметрии. Данная визуализация потока позволяет оценить структуру обтекания вблизи самолёта, а также определить какой из вариантов обтекателей имеет наименьшую зону отрыва и самые малые вихревые структуры и, таким образом, является наиболее оптимальной. Для данного типа обтекателя был произведен дополнительный расчёт аэродинамических характеристик на двух программных комплексах, что позволило сравнить результаты и осуществить валидацию полученных данных с данными эксперимента, представленными в альбоме [2].

Список литературы

1. Молчанов А.М., Щербаков М.А., Янышев Д.С., Куприков М.Ю., Быков Л.В. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники. / Министерство образование и науки Российской Федерации. Москва: МАИ, 2013. 260 с.
2. Федоренко Г.А., Павленко И.В. и др. Надстройки внешней поверхности самолётов (коэффициенты аэродинамического сопротивления). М.: Альбом ЦАГИ, 1989. 293 с.

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ, ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И СПУСКАЕМЫХ АППАРАТОВ»

УДК: 629.7

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СТЕНДА ОТРАБОТКИ СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Сальникова Т.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
tdsalnikova@gmail.ru
Научный руководитель: Корянов В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Одним из методов испытания системы управления ориентацией и угловой стабилизации космического аппарата является установка его на сферический воздушный подшипник [1]. Данный метод основан на том, что космический аппарат устанавливается на платформу со сферическим воздушным подшипником. Далее проводится балансировка платформы с установленным на ней космическим аппаратом.

В работе поставлена цель разработать методику балансировки платформы рассматриваемого типа.

Для достижения поставленной цели рассмотрены конструкции существующих стендов на сферической опоре. Проведен анализ методов балансировки каждого из стендов [3]. Разработана схема стенда, а также составлены уравнения для его балансировки.

В разработанной модели используются грузы 1,2 – грузы для балансировки стенда вдоль оси *z*; грузы 3, 4 — грузы для балансировки стенда вдоль оси *x*; груз 5 — груз для балансировки стенда вдоль оси y; *xyz* — система координат связанная с поворотной платформой с началом в центре сферической опоры.

Для балансировки по оси *x* перемещаются грузы 3 и 4, таким образом, чтобы их координаты вдоль оси *x* были равны. Аналогичным образом проводится балансировка грузами 1 и 2 по оси *z*. Балансировка относительно оси y проводится перемещением груза 5. Балансировочные грузы смещаются так, чтобы центр масс системы находился в центре сферической опоры. Так же используя уравнения балансировки возможно рассчитать массу балансировочных грузов. В работе были получены балансировочные уравнения.

Список литературы

1. Boynton R. Using a spherical air bearing to simulate weightlessness // Proceedings of 55th Annual Conference of the Society of Allied Weight Engineers (Atlanta, 03 – 05 June, 1996). 1996. Pp. 5-19. URL: http://www.sawe.org/papers/2297 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Jana L.S., Mason A.P., Christopher D.H. Historical review of air-bearing spacecraft simulators // Journal of guidance, control, and dynamics. 2003. V. 26. Pp. 513-522.
3. Tissera M.S.C., Chia J.W., Low K.S., Xing Y.T. A novel simulator for measuring the performance of nanosatellite's attitude control system // Proceedings of IEEE Aerospace Conference (Big Sky, Montana, 5-12 March 2016). 2016. Pp. 83-95. DOI:10.1109/AERO.2016.7500796.

УДК: 533.6.011

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА ПРИ СТРУЙНОМ ТОРМОЖЕНИИ В ТРАНС- И ДОЗВУКОВОМ ПОТОКЕ С УЧЁТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Синер З.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rozalina.siner@mail.ru
Научный руководитель: Луценко А.Ю., к.т.н., доцент, декан
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Одним из способов торможения при спуске и осуществления мягкой посадки спускаемого аппарата в разреженных атмосферах является применение тормозной двигательной установки. Реактивные струи этих двигателей взаимодействуют как с посадочной поверхностью, так и друг с другом, создавая сложную структуру потоков вокруг аппарата и на поверхности. Аэродинамические силы, возникающие в процессе, могут существенно повлиять на тормозной эффект двигателей, при этом создавая значительные силовые и тепловые воздействия на посадочную поверхность. Учет этих факторов является важным при разработке новых образцов космической техники.

Основная цель работы – численное моделирование и оценка влияния струй тормозной двигательной установки на аэродинамические характеристики спускаемого аппарата при изменении высоты аппарата над посадочной поверхностью.

Расчеты, представленные в данной работе, проведены с использованием программного комплекса FlowVision.

Был проведен подготовительный этап, который включал в себя выбор высот над посадочной поверхностью тормозного участка и соответствующих им параметров атмосферы, конфигурации сопел на лобовом экране, а также режимы работы тормозных двигателей. Была построена расчетная сетка – для валидации результатов и исследования сходимости сетки использовались экспериментальные данные при трансзвуковом обтекании [1]. По результатам численного моделирования были получены картины течения, аэродинамические характеристики с работающей и неработающей тормозной двигательной установкой, распределение давления по корпусу спускаемого аппарата и посадочной поверхности. Проведен анализ полученных структур течения, проанализировано изменение донного давления.

Список литературы

1. Луценко А.Ю., Назарова Д.К. Экспериментальное и численное моделирование обтекания спускаемого аппарата в трансзвуковом потоке при отсутствии и наличии блочного струйного торможения. // Электронный научно-технический журнал «Инженерный вестник». 2014. № 12. С. 168–177. URL: https://engjournal.bmstu.ru/catalog/arse/ahtp/1397.html (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 629.785

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕЛЁТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА РОЯ ЧАСТИЦ

Чжоу Вэньси, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
chzhouv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Корянов В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
vkoryanov@bmstu.ru

Современный этап Лунных исследований характеризуется переходом к созданию постоянной инфраструктуры, что требует разработки надежных систем транспортировки грузов. Существующие методы расчета траекторий сталкиваются с рядом сложностей: неоднородностью гравитационного поля, сложным рельефом поверхности и жесткими ограничениями по топливным ресурсам.

В работе предложен метод оптимизации траектории посадки космического аппарата на лунную поверхность на основе усовершенствованного алгоритма роя частиц (PSO). Цель исследования - решение сложной задачи проектирования орбиты с учётом гравитационных аномалий Луны и характеристик рельефа. На начальном этапе разработана прецизионная физическая модель, включающая цифровую модель рельефа высокого разрешения по данным стереокамеры и лазерного альтиметра зонда «Чанъэ-1» и гравитационную модель, рассчитанную через сферические гармоники 50-го порядка (данные миссии GRAIL NASA [3]).

На основе этого создается модель динамики лунного зонда, учитывающая характеристики движения зонда на различных этапах полета [1], включая вертикальный взлет, корректировку ориентации, боковое ускорение, полет без энергии, боковое замедление, корректировку ориентации и вертикальную посадку. Знаки i в уравнениях (1), (2) и (3) представляют собой сегменты процесса полета, описанные выше. i = 1, 2, ... ,7. Каждый этап описывается уравнений, учитывающих положение, скорость, массу аппарата и параметры работы двигательной установки [2]. На основе этих уравнений, задача траектории космического аппарата преобразуется в девятимерную оптимизационную задачу. Девять переменных включают: время движения на каждом этапе (кроме этапа коррекции ориентации), угол тангажа и тягу на этапе бокового ускорения, а также угол тангажа и тягу на этапе бокового замедления.

$$r_{i+1} = r_i + \left(V_i - \frac{T_i(\ln m_i + 1)}{\dot{m}_1}\right) t_i - \frac{1}{2} g_m t_i^{\,2} + \frac{T_i}{(\dot{m}_1)^2}\left[m_{i+1}\ln m_{i+1} - m_i \ln m_i\right] \quad (1)$$

$$V_{i+1} = V_i - g_m t_i - \frac{T_i}{\dot{m}_1} \ln \frac{m_i}{m_i - \dot{m} t_i} \quad (2)$$

$$\dot{m}_1 = -\frac{\|T_i\|}{I_{sp} g_e} \quad (3)$$

Предложенный алгоритм использует популяцию из 200 частиц и выполняет 400 итераций, включая инновационный механизм отражения границ и параллельные вычисления для повышения эффективности. Тестирование метода проводилось для сценария перелета между кратером Де Герлах (88,5° ю.ш., 68,7° з.д.) и кратером Хауорт (87,3° ю.ш., 5,3° з.д.). Результаты показали высокую эффективность алгоритма: средний расход топлива составил 191,8 ± 9,2 кг при сохранении требуемой точности посадки, а устойчивая сходимость достигалась примерно за 300 итераций. Визуализация трехмерных траекторий подтвердила способность алгоритма находить оптимальные решения, удовлетворяющие всем заданным ограничениям. Эксперименты показывают, что алгоритм обладает быстрой сходимостью, низкой погрешностью и хорошей устойчивостью.

Научная значимость работы заключается в комплексном подходе, сочетающем точное моделирование физических условий на Луне с эффективным методом оптимизации.

Практическая ценность исследования подтверждается стабильностью и надежностью полученных решений, что делает предложенный метод перспективным для применения в реальных лунных миссиях. В перспективе планируется дальнейшее развитие алгоритма, включая его гибридизацию с другими методами оптимизации, учет дополнительных практических ограничений и совершенствование модели работы двигательной установки.

Список литературы

1. Цяо Я., Чжан Ц. Метод оптимального планирования траектории для крупномасштабной переброски лунного аппарата на основе двухслойной выпуклой оптимизационной модели // Журнал исследования глубокого космоса. 2023. № 10 (05). С. 470-480.
2. Ван Х., Чжан Ху., Ван Ц. и т.д. Метод проектирования траектории скачкообразной передачи на лунную поверхность // Китайская космическая наука и техника. 2021. №41 (02). С. 112-124.
3. НАСА. Данные миссии GRAIL (Модель: gggrx_0660pm_shb_l50) // Данные гравитационной модели GRAIL. URL: https://pds-geosciences.wustl.edu/grail/grail-l-lgrs-5-rdr-v1/grail_1001/shbdr/ (Дата обращения 23.05.2023)

УДК 629.784

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА-БУКСИРА И ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ АППАРАТОВ-ИНСПЕКТОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОРБИТАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Швецов М.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Sir-miha@mail.ru
Научный руководитель: Корянов В.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Российская орбитальная станция, РОС – планируемая перспективная российская орбитальная станция, которая должна прийти на смену Международной космической станции (МКС). Наклонение орбиты РОС планируется 97°, высота 300-350 км [1]. На данный момент затраты на доставку грузов на орбиту состоят из топливных затрат и затрат на запуск ракеты-носителя с ТГК, который в ходе возвращения на Землю сгорает в атмосфере. Стоимость ТГК составляет около 1 млрд. руб. Стоимость ракеты-носителя «Союз-2.1б» также составляет около 1 млрд. руб. [2].

В работе рассматривается возможность использования межорбитального буксира (МОБ) для доставки полезной нагрузки к станции. Внедрение данной концепции избавит от необходимости создания транспортно-грузового корабля (ТГК) для каждой перевозки на российскую орбитальную станцию. Исследовались возможности использования двигателей различной мощности, а также различные параметры опорной орбиты МОБ. Было выявлено, что применение применения опорной орбиты МОБ с наклонением 51,6° неэффективно из-за высоких энергетических затрат на изменение наклонения, поэтому в дальнейшей работе рассматривалось применение квазикомпланарной орбите РОС орбиты МОБ. Такая орбита многократно уменьшает затраты на доставку грузов к станции.

Применение для МОБ двигательной установки малой тяги позволит сократить топливные затраты с 71 кг до 15 кг, однако это приведёт к увеличению времени перелёта (19,5 дней на малой тяге против 5 часов на большой). Для расчётов были использованы параметры двигателя ЭРДУ СПД-140Д производства АО ОКБ «Факел».

Так как для доставки грузов к буксиру будут использоваться ракеты-носители «Союз-2.1б» или «Союз-2.1а», финансовый эффект будет достигаться за счёт уменьшения затрат на производство ТГК. По планам, представленным Госкорпорацией «Роскосмос» [3], на первой

фазе развёртки РОС количество грузовых полётов к РОС составит 1-2 в год, то есть внедрение буксира сможет обеспечить выгоду в 1-2 млрд/год за вычетом затрат на поддержание его орбиты.

Также в работе рассматривается возможность применения аппаратов-инспекторов для оперативного поиска трещин или пробоин в корпусе РОС. Предполагается использование группировки КА, в которую будут входить: аппарат, оборудованный высокоточными лидарами, которые способны обнаружить трещину глубиной в несколько нанометров, и аппарат, предназначенный для верификации обнаружения трещины. Аппарат-верификатор планируется снарядить фотокамерами высокого разрешения.

На данный момент проведены первые этапы математического и компьютерного моделирование относительного движения аппаратов-инспекторов. Для расчётов использовались формулы относительного движения и относительная система координат. В результате анализа формул было показано, что период относительного движения инспектора вокруг РОС равен периоду обращения РОС вокруг Земли. Также было получено отношение между начальным положением инспектора и его начальной скоростью, которое можно использовать для получения орбиты, не имеющей векового ухода при невозмущённом движении.

Список литературы

1. Владимир Соловьев о ходе проектирования Российской орбитальной станции URL: https://www.roscosmos.ru/38020/ (Дата обращения 05.12.2024).
2. Роскосмос о затратах на запуск «Прогресса» URL: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2015/04/29/roskosmos-ozvuchil-zatrati-na-za-zapusk-progressa (Дата обращения 05.12.2024).
3. Развитие пилотируемой программы космических полётов на российской орбитальной станции. URL: https://vniitf.ru/data/ZST2023/res/plenary/02pl.pdf (Дата обращения 05.12.2024).

СЕКЦИЯ «СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ»

УДК 623.45, 623.67

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНЫХ БОЕПРИПАСОВ КАК ОБЪЕКТОВ ПОИСКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫМ РАДАРОМ

Галанин И.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
mcgikofficial914@mail.ru
Слабикова М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
maslabikova@yandex.ru
Научный руководитель: Левин Д.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В современном программном обеспечении (ПО) георадаров отсутствуют системы анализа получаемых изображений для прогноза типа обнаруженного объекта [1]. Основной целью данной работы является создание типовых моделей инженерных боеприпасов, описывающих всю номенклатуру существующих штатных изделий для обучения искусственного интеллекта (ИИ), анализирующего данные, получаемые с радара. Основные задачи – классифицировать мины и представить данную классификацию в наиболее понятном виде для того, чтобы ПО, анализирующее данные радара, могло распознавать и давать оператору подсказу о типе взрывоопасного предмета; создать цифровые модели инженерных боеприпасов (БП) для использования их в модельной среде для обучения ИИ.

Для радара определяющей характеристикой среды является её диэлектрическая проницаемость, именно поэтому первостепенным критерием для нахождения и определения мины является материал ее корпуса. По данному параметру хорошо выделяются два класса мин: мины с металлическим корпусом и мины с пластиковым корпусом. Также мины можно обнаружить по диэлектрической проницаемости взрывчатого вещества (ВВ), которым она снаряжена. Однако эта проницаемость у многих ВВ практически не отличается, следовательно становится невозможным определение мины по получаемой радиограмме [2].

В зависимости от класса мины меняется её анализ. Всего было проанализировано 178 мин: 67 российских и 111 иностранных.

Мины с металлическим корпусом достаточно просты в анализе. Диэлектрическая проницаемость металлов сильно отличается от диэлектрической проницаемости грунта. Радар различает мину полностью. Далее ПО анализирует получаемую радиограмму для определения обнаруженной мины. В случае металлических мин ИИ опирается на геометрические параметры.

Диэлектрическая проницаемость пластика практически идентична грунту, поэтому мины с пластиковым корпусом намного тяжелее обнаружить. В работе изучалось устройство мины, находились ее металлические элементы, которые мог обнаружить радар: ударники, корпуса взрывателей, кольца, шарики, пружины и т.п. С помощью этой информации ИИ, анализирующий радиограмму, может определить тип мины.

В результате работы:

1) составлена таблица, которая наиболее демонстрирует классификацию инженерных БП с учетом возможностей георадара, основанную на получаемой радиограмме;

2) созданы упрощенные модели типовых мин для обучения ИИ, являющегося анализатором данных, получаемых с радара.

Список литературы

1. Ahmad Imran, Hussaini A.S., Elfergani I.T.E., Amar Ahmed S.I., Rodriguez J., Abd-Alhameed R.A. UWB Radar Technology // IMDC-IST 2021: Conference Paper (Sakarya, Turkey,

September 07-09, 2022). 2022. URL: https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.7-9-2021.2314985 (Дата обращения 15.10.24).
2. Daniels D.J. A review of GPR for landmine detection // Sensing and Imaging. 2006. V. 7. № 3. Pp. 90–123.

УДК 623.468.082.5:623.4.082.5:531.66

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНО-ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГОТОВЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ТЯЖЕЛОГО СПЛАВА

Дюков А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
AlexDyukov.job@yandex.ru
Смеликов И.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
smelikovis@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Попов Ю.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В настоящее время все чаще стали применяться готовые поражающие элементы (ГПЭ) из тяжелого сплава. Они обладают лучшим ударно-проникающим действием по сравнению со стальными за счет увеличения удельной энергии и удельного импульса осколка, так как плотность ВНЖ больше в 2,2 раза. В связи с актуальностью применения ГПЭ из тяжелого сплава возникает необходимость проверки существующих эмпирических методик с применением экспериментальных исследований и численных расчетов.

Рассмотрим задачу взаимодействия сферического ударника из ВНЖ массой 0,4 г (d = 3,6 мм) и 0,5 г (d = 3,8 мм) с пластиной из стали 3 толщиной h = 3,1 мм и диаметром D = 300 мм. Задача решается в двумерной осесимметричной постановке с использованием SALE (Structured ALE) решателя, шаг сетки по расчётной области был принят равным 0,1 мм. Физико-механическое поведение материалов описывается моделью Джонсона-Кука. Параметры модели заимствованы из работ [1, 2].

Расчеты проводились с целью построения баллистических кривых (зависимостей остаточной скорости V_r от скорости удара V_i) и определения минимальной скорости сквозного пробития. По результатам расчётов были определены минимальные скорости сквозного пробития преграды сферическим ударником массой 0,4 г и 0,5 г, которые равны 622 м/с и 589 м/с соответственно. Данные значения баллистических пределов лежат в экспериментально полученном диапазоне. Также картина разрушения пластины в расчете получилась близкой к полученной экспериментально.

Предложенная методика численного моделирования пробития преграды из стали 3 ГПЭ из ВНЖ использовалась для расчета взаимодействия сферических ГПЭ различных масс по преградам различной толщины. Рассмотрены ГПЭ следующих масс: m = 0,25 г (d = 3,0 мм), m = 0,40 г (d = 3,6 мм), m = 1,00 г (d = 4,8 мм), m = 1,80 г (d = 5,90 мм) и преграды следующих толщин: h = 3 мм, h = 5 мм, h = 10 мм.

Результаты проведенных численных расчетов были представлены в виде баллистических кривых, а также зависимостей баллистического предела от массы ГПЭ для преград различной толщины и от толщины преграды для ГПЭ различных масс. Замечено, что при изменении толщины преграды и массы ГПЭ изменяется наклон баллистических кривых. Также наблюдается тенденция стремления баллистического предела к постоянному значению при увеличении массы ГПЭ и неизменной толщине преграды или уменьшении толщины преграды при неизменной массе ГПЭ. Для разных комбинаций толщин преграды и масс ударника наблюдаются различные типы механизмов пробития преграды.

В результате разработана методика численного расчета баллистического предела и остаточной скорости ударника при взаимодействии ГПЭ из ВНЖ и преграды из стали 3. Представленная методика может использоваться для повышения информативности и планирования экспериментов.

Список литературы

1. Заплохова К.А., Исаев Г.Ш., Курепин А.Е., Сидорова Е.В. Взрывные генераторы высокоскоростных потоков готовых поражающих элементов // Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей». 2018. № 4. С. 23-29.
2. Завора И.В., Имховик Н.А. Численное моделирование формирования и метания элементов из тяжелого сплава в малокалиберном выстреле ближнего боя // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. № 5. С. 2-18.

УДК 623.45

ПОЛУЧЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТНОГО КРИТЕРИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ ОТ СКОРОСТИ И МАССЫ УДАРНИКА

Ермолаев Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ermolaevda@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Левин Д.П., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Методика работы заключается в многократном решении системы дифференциальных уравнений механики, описанной в [1]:

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} = -k_{12}(y_1 - y_2), 0 \le t \le \infty \\ m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} = k_{12}(y_1 - y_2) - k_{23S}(y_2 - y_3 - d) \cdot H(y_2 - y_3 - d) - k_{23i}(y_2 - y_3) - \\ -k_{ve23}(y_2 - y_4) - c_{23}\left(\frac{dy_2}{dt} - \frac{dy_3}{dt}\right), 0 \le t \le \infty \\ m_3 \frac{d^2 y_3}{dt^2} = k_{23S}(y_2 - y_3 - d) \cdot H(y_2 - y_3 - d) + k_{23i}(y_2 - y_3) + c_{ve23}\left(\frac{dy_4}{dt} - \frac{dy_3}{dt}\right) + \\ + c_{23}\left(\frac{dy_2}{dt} - \frac{dy_3}{dt}\right), 0 \le t \le \infty \\ c_{ve23}\left(\frac{dy_4}{dt} - \frac{dy_3}{dt}\right) = k_{ve23}(y_2 - y_4), 0 \le t \le \infty \\ y_1(0) = y_2(0) = y_3(0) = y_4(0) = 0 \\ \frac{dy_1}{dt} = v \\ \frac{dy_2}{dt} = \frac{dy_3}{dt} = \frac{dy_4}{dt} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Эта система - модель Лобделла, описывающая реакцию грудной клетки человека (ГК) на воздействие некоторого ударника. Одним из главных критериев травмы в таком случае является вязкостный критерий [2]:

$$VC(t) = V(t) \cdot \frac{D(t)}{D_0}, \quad (2)$$

где $\mathrm{V}(t)$ – скорость сжатия грудной клетки (м/с), $D(t)$ – деформация грудной клетки (м), а D_0 – толщина недеформированной грудной клетки (м).

На практике при оценке действия различных ударников не используют все значения функции $\mathrm{V}C(t)$, а соотносят наибольшие значения этой функции VC_{max} с эталоном, для которого уже определена травма по соответствующей шкале, например, AIS. Это особенно

важно при проектировании нелетальных кинетических элементов (КЭ), чтобы не допустить критических поражений грудной клетки [3].

При подборе скорости КЭ, т.е. на практике – массы метательного заряда, упругой жесткости метающего элемента и т.п. на этапе проектирования предлагается использовать эмпирические зависимости. Одна из таких может быть получена с помощью модели Лобделла. Для расчетных значений VC_{max} ударников с массами 30 г, 90 г и 140 г в диапазоне скоростей от 20 до 60 м/с с шагом 10 м/с получаем зависимость, которую можно описать формулой

$$VC_{max} \approx VC_{\underset{\text{эталон}}{max}} \cdot \frac{E}{E_{\text{эталон}}}, \quad (3)$$

где $VC_{\underset{\text{эталон}}{max}}$ – наибольшее значение вязкостного критерия для эталонного ударника (м/с), $E_{\text{эталон}}$ и E кинетические энергии эталона и проектируемого ударника соответственно (Дж).

Список литературы

1. Bronzino J.D., Peterson D.R. Biomedical Engineering Fundamentals / 2nd edit. Boca-Raton: CRC-Press, 2015. 1180 p.
2. Bir C.A. The Evaluation of Blunt Ballistic Impacts of Thorax: PhD Thesis. Detroit, USA: Wayne State University, 2000. URL: https://digitalcommons.wayne.edu/oa_dissertations/3079 (Дата обращения 05.05. 2025).
3. Левин Д.П., Селиванов В.В. Обзор современных технологий оружия нелетального действия // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 11-12 (125-126). С. 119-126.

УДК 623.468.082.5

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА И ТОЛЩИНЫ КОРПУСА НА СКОРОСТЬ ГПЭ ГИПОТЕТИЧЕСКОЙ БЧ

Живагин В.А., студент
bima7501@gmail.com
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Научный руководитель: Велданов В.А., к.т.н., доцент;
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Оптимизация проектных решений при конструировании боевых частей (БЧ) представляет собой ключевую научно-техническую задачу, направленную на обеспечение заданной эффективности действия поражающих факторов на типовые объекты поражения. Критическим аспектом является выбор параметров и механизмов функционирования БЧ, определяющих формирование требуемого действия. Традиционные подходы, основанные на натурных испытаниях, характеризуются высокой трудоёмкостью и экономической затратностью, что актуализирует применение вычислительных методов, включая численное моделирование.

Интеграция готовых поражающих элементов (ГПЭ) в конструкцию БЧ обеспечивает преимущества за счет управления фракционным составом осколочного поля и использования материалов с повышенными прочностными характеристиками, производство которых в виде монолитных корпусов сопряжено с технологическими ограничениями. Однако, ключевой проблемой при реализации данной концепции остается достижение предельных энергетических параметров ГПЭ. Максимизация их начальной скорости при метании продуктами детонации требует оптимизации свойств подложки, функции которой может выполнять корпус БЧ.

Существующие аналитические и инженерные модели, описывающие кинематику ГПЭ, обладают значительной погрешностью вследствие упрощенного учета нелинейных эффектов

взаимодействия ударных волн, градиентов давления и механических свойств материалов. Это исключает возможность корректного определения оптимальной толщины и материала подложки данными методами. В качестве решения предложен переход к численному моделированию в программных комплексах (например, ANSYS Autodyn, LS-DYNA), позволяющему воспроизвести образуемые осколочные поля и проанализировать их [1].

Проведено численное исследование осколочных полей параметризованной боевой части (БЧ) с вариативным корпусом, различающимся толщиной и материалом. В рамках экспериментального моделирования толщина оболочки варьировалась в диапазоне 0,5–5,5 мм, а в качестве материалов корпуса рассматривались сталь, алюминий, титан и медь. На внутренней поверхности корпуса выполнены канавки для фиксации готовых поражающих элементов (ГПЭ) сферической формы, изготовленных из стали марки ШХ15 (масса элемента — 4 г). Габаритные размеры БЧ – высота 60 мм, диаметр 54 мм. Моделирование осуществлялось в смешанной лагранжево-эйлеровой постановке, обеспечивающей корректное описание крупных деформаций и взаимодействия разнородных сред. Для прогнозирования поведения металлических компонентов (корпус, ГПЭ) использовалась модель Джонсона-Кука, учитывающая упрочнение материала, пластическую деформацию и термомеханические эффекты. Детонация заряда моделировалась посредством уравнения состояния Джоуля-Валькера-Ли (JWL), аппроксимирующего зависимость давления от объема и энергии продуктов взрыва. Воздушная среда описывалась уравнением состояния в форме линейного полинома с учетом адиабатических процессов [2].

Полученные результаты численного моделирования были сопоставлены с инженерными методиками Станюковича К. П., Покровского Г. И., Метеровой Н. А., Рассохи С. С. и Селиванова В. В. [3]. Для удобства сравнения были построены графики зависимости максимальной скорости метания ГПЭ от толщины и материала корпуса.

Все численные решения подтверждают наличие оптимальной толщины корпуса, которая зависит от механических свойств материала. Инженерные методы дают погрешность порядка 10–30% относительно численного моделирования. Полученные зависимости можно использовать при проектировании подобных БЧ. Для уточнения полученных данных требуется проведение натурных испытаний.

Список литературы

1. ANSYS Workbench User's Guide, Release 2021 R2 / ANSYS, Inc. — 2021. — 3 vol. (https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5444928ed2fd647d5f8b46b7&assetKey=AS%3A272120486006786%401441889987511 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Johnson G.R. Cook W.H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures // Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics (The Hague, 19-21 April, 1983). 1983. Pp. 541–547.
3. Андреев С.Г. Физика взрыва: в 2 т. / С.Г. Андреев, А.В. Бабкин, Ф.А. Баум и др.; под ред. Л.П. Орленко. 3-е изд., испр. Т. 1. М.: Физматлит, 2004. 823 с.

УДК 623.451; 004.896

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Загайнов С.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
gsz.mr99@gmail.com
Коршунов Е.З., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
el.korshunov@gmail.com
Научный руководитель: Февралев А.Е., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В ходе современных военных конфликтов выявлены существенные недостатки в использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), управляемых оператором. Средства радиоэлектронной борьбы эффективно нарушают связь между оператором и БПЛА, что делает невозможным выполнение боевых задач. Таким образом актуальность создания автономных систем управления БПЛА не вызывает сомнений.

Отказ от постоянной связи с оператором позволяет БПЛА обеспечить автономность работы на расстоянии, ограниченном только запасом источника питания. Для автоматизации принятия решений на борту БПЛА используются нейросетевые методы машинного зрения. В качестве инструмента для реализации алгоритмов машинного зрения выбрана библиотека OpenCV [1], совместимая с языками C++, Python и Matlab, использованных при разработке программного обеспечения (ПО).

В рамках обучения модели нейросети для распознавания целей, использовался массив изображений инженерных боеприпасов (40 тысяч изображений). Для обучения использовалась библиотека YOLO (You Only Look Once), показавшая наибольшую производительность в задачах определения объектов на изображениях, полученных с видеорегистратора БПЛА. Лучшие результаты среди протестированных версий библиотеки показала YOLOv11 [2], продемонстрировавшая высокую скорость обучения и работы в задачах определения инженерных боеприпасов.

При обучении нейросети производился подбор гиперпараметров (определенные числовые значения, необходимые для обучения модели). Временные затраты на обучение составили 259 часов. Результатом исследования стал оптимальный набор значений гиперпараметров, который использовался в дальнейшей работе. Подготовленная модель нейросети была переобучена на массиве из 100 тысяч размеченных изображений, собранного в рамках кафедральной научно-исследовательской работы студентов.

Для установки обученной модели нейросети на БПЛА выбран микрокомпьютер Orange Pi 5 Ultra, превзошедший по итогам тестирования производительности Raspberry Pi 5. Конечным результатом работы стал портативный модуль, представляющий собой систему с камерой, микрокомпьютером и ПО, способной в реальном времени определять координаты обнаруженной цели.

Список литературы

1. Bradski G. The OpenCV Library 2000. URL: https://www.drdobbs.com/open-source/the-opencv-library/184404319 (Дата обращения 05.05.2025).
2. Redmon J., Farhadi A. YOLOv11: An Incremental Improvement // URL: https://arxiv.org/pdf/2410.17725 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 623.451.054.93

СНАРЯД ДЛЯ ПЕРЕХВАТА ДРОНОВ НА БАЗЕ ВОГ-25

Кипрушкин А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kiprushkin1@gmail.com
Чуркин К.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
zero.man44@mail.ru
Научный руководитель: Ганич Д.М., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

С развитием технологий и увеличением числа беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возникла необходимость в создании эффективных средств их противодействия. Дроны могут использоваться как в гражданских, так и в военных целях, что делает их потенциальной угрозой. Они могут выполнять разведывательные задачи, атаковать цели или осуществлять доставку грузов. Поэтому важно разработать эффективные средства для их перехвата и нейтрализации.

В настоящее время в мире разработаны боеприпасы для борьбы с БПЛА. Все они имеют как свои преимущества, так и недостатки. Хочется отдельно выделить отечественный противодронный патрон «Перехват» и американский выстрел для гранатомета «Scalable effects net warhead». «Перехват» — это патрон 12 калибра, включающий в себя специальный бросаемый элемент, состоящий из шести свинцовых элементов с запрессованной высокопрочной пара-арамидной нитью. После выстрела из гладкоствольного оружия снаряжение боеприпаса образует «паутинку» диаметром 1 м. Полное раскрытие происходит на расстоянии 15–20 м от среза ствола. Основным недостатком боеприпаса является необходимость иметь с собой дополнительное вооружение (гладкоствольное ружье), что в свою очередь значительно осложняет использование снаряда на поле боя. В следствии этого эффективность отдельного солдата также уменьшается из-за необходимости постоянно “переключаться” с основного оружия на дополнительное.

«Scalable effects net warhead» представляет собой боеприпас для 40-мм гранатомета (например, M320 или Mk 19), предназначенный для точного поражения цели с помощью сети. От аналогов его отличает наличие радиовзрывателя, который одновременно является его преимуществом, так как позволяет развернуть сеть вблизи цели, что увеличивает точность, и недостатком – существенно увеличивает стоимость одного выстрела.

Главной задачей нашего проекта стала разработка более доступного и простого в изготовлении и эксплуатации боеприпаса для поражения дронов. В нашем изобретении в угоду снижения затрат на производство материалом корпуса был выбран пластик, как наиболее дешевый и распространенный материал, а также было принято решение не использовать радиовзрыватель или механический переключатель расстояний. Боеприпас предназначен для использования при максимальном приближении БПЛА и срабатывает на фиксированной дистанции.

В данном исследовании был проведен патентный поиск, были выявлены слабые места в существующих разработках, а также была разработана оптимальная концепция конструкции снаряда. В дальнейшем предполагается усовершенствовать конструкцию, проведя расчеты и испытания снаряда [1-3].

Список литературы

1. Бабкин А.В., Велданов В.А., Грязнов Е.Ф. Средства поражения и боеприпасы / Бабкин А. В., Велданов В. А., Грязнов Е. Ф. и др. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 984 с.
2. Блискал Т., Фонг Р., Томпсон Ла М. Пат. 10197365 США, МПК F41H 13/00 (2006.01), F42B 12/02 (2006.01), F42B 12/56 (2006.01), F42B 12/66 (2006.01), F42B 12/68 (2006.01).

Scalable effects net warhead; заявитель и патентообладатель The United States of America as Represented by the Secretary of the Army, Вашингтон, округ Колумбия (US). № US 10,197,365 B1; заявл. 20.10.2017; опубл. 05.02.2019. URL: https://patents.google.com/patent/US10197365B1 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Гуськов А.В., Милевский К.Е., Назаров С.С., Цыбрий А.И., Бойченко В.Н., Останина К.А. Пат. 2789825 РФ, МПК F42B 12/02 (2006.01), F41H 13/00 (2006.01). Боеприпас подствольного гранатомета для поражения беспилотных летательных аппаратов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». № 2 789 825 C1; заявл. 14.10.2022; опубл. 10.02.2023. URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/2789825 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 623.45:623.4.015.4

ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛИ АНТРОПОМОРФНОГО МАНЕКЕНА НА УДАРНИКЕ КАЛИБРА 37 ММ

Кудрявский А.Э., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ae.kudryavskiy@gmail.com
Научные руководители: Левин Д.П., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Петюков А.В., к.т.н., доцент.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В Российской Федерации под ОНД понимается разновидность оружия, главным критерием которого является – сводить к минимуму возможность необратимого ущерба здоровью людей, катастрофических разрушений гражданских объектов и нанесения существенного вреда окружающей среде. Широкое распространение получили кинетические элементы, действие которых основано на использовании кинетической энергии удара. Они представляют из себя ударники, которые не проникают под кожный покров и изготавливаются из пластичных, эластичных или жестких, разрушающихся при ударе, материалов, и являются альтернативной огнестрельному оружию в военных и полицейских операциях [1]. Основной проблемой при проектировании таких снарядов является выбор соответствующих материалов и конструкции для получения при ударе по цели травмы определенной степени тяжести. Результаты испытаний опытных образцов на лабораторных животных безусловно позволяют сделать общий вывод о травмирующем действии, однако проведение таких испытаний достаточно длительный и дорогостоящий процесс, кроме того требуется перенос результатов испытаний с животного на человека. Получить в рамках таких испытаний характеристики соударения, необходимые для определения общепринятых критериев травмы, например вязкостного критерия (VC), весьма сложно и требует специфического оборудования. Биодостоверные механические манекены, разработанные за рубежом, используются в качестве инструмента для оценки тяжести травм для автомобильной промышленности, авиации, спортивной индустрии, в России применяются весьма ограниченно, а их разработка «с нуля» потребует огромных временных и денежных ресурсов. Альтернативой является численное моделирование удара кинетического элемента по конечно-элементным моделям биообъектов, частично, но подробно, полностью, но упрощенно, или полностью и подробно определяющим тело человека. Существуют две основные проблемы таких моделей. Первая – биодостоверность, то есть способность модели воспроизводить человекоподобные реакции с определенной степенью достоверностью. Вторая – поиск наилучших показателей, позволяющих прогнозировать тяжесть состояния биообъекта. Для ОНД в качестве них используются шкалы оценки тяжести травм (AIS, ISS, NISS и т.д.). Работа основывается на

сравнении результатов численного моделирования воздействия пластмассового ударника калибра 37 мм и модели манекена THUMS с экспериментальными биомеханическими коридорами для ударника Bir A [2], полученными в открытых исследованиях по оценке тупых баллистических ударов по грудной клетке при стрельбе по различным кадаврам. Травму, полученную при воздействии на грудную клетку тупоголового ударника принято оценивать вязкостным критерием, коррелирующим со степенью повреждений мягких тканей и кардиореспираторной дисфункцией. Оценивается не только величина относительного сжатия грудной стенки, но и динамика сжатия. Функция скорости сжатия от времени умножается на функцию доли сжатия грудной клетки от времени и получается зависимость вязкостного критерия от времени, от чего можно перейти к степени тяжести травмы по шкале AIS.

Численно полученные графики функции смещения грудной клетки и силы приложенной к грудной клетки от времени полностью попадают в полученный биомеханический коридор. Максимальное полученное значение вязкостного критерия из численного моделирования равно примерно 2, что укладывается в экспериментальный коридор 0,65-2,35 м/с. Дополнительно проведена оценка вероятности возникновения тяжелой травмы. Из логистической регрессионной кривой [3] видно, что при величине вязкостного критерия 2, вероятность получить травмы выше, чем тяжелые, составляет менее 0,1. Таким образом, учитывая данный факт и факт попадания в биомеханические коридоры по смещению грудной клетки и силе, приложенной к ней, можно сказать, что модель антропоморфного манекена THUMS позволяет удовлетворительно описывать реакции человеческого организма на воздействие кинетического ОНД, а ударник Bir A является безопасным для человека (вызывает травмы, не тяжелее, чем AIS 2-3).

Список литературы

1. Левин Д.П., Селиванов В.В. Обзор современных технологий оружия нелетального действия // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 11-12 (125-126). С. 119-126.
2. Bir C.A., Viano D., King A. Development of biomechanical response corridors of the thorax to blunt ballistic impacts // Journal of Biomechanics. 2004. № 37. Pp. 73–79. DOI: 10.1016/S0021-9290(03)00238-0.

УДК 623.562.4

ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОНИКАНИЯ КУМУЛЯТИВНОЙ СТРУИ В БЕТОН

Лисовол А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
artem.lisovol.2003@mail.ru
Научные руководители: Рассоха С.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Щесняк М.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Уличные столкновения зачастую протекают с применением подручных средств, холодного оружия и сопровождаются строительством баррикад. Многие соответствующие сооружения, с целью упрочнения, строятся с использованием бетона, который, исходя из физической структуры и следующих из нее свойств, обладает значительно более сложным механическим поведением.

В данной работе для описания прочности бетона рассматривается модель прочности RHT (Riedel-Hiermaier-Thoma), которая характеризуется тремя предельными поверхностями: поверхностью текучести, поверхностью разрушения и поверхностью остаточного трения.

Особый интерес представляет поверхность разрушения, которая задается следующей системой уравнений:

$$\sigma_f^*\left(\frac{p^*}{y}, F_r\right) = \begin{cases} A\left(p^* - F_r/3 + (A/F_r)^{-1/n}\right)^n & 3p^* \geq F_r \\ F_r f_s^*/Q_1 + 3p^*(1 - f_s^*/Q_1) & F_r > 3p^* \geq 0 \\ F_r f_s^*/Q_1 - 3p^*(1/Q_2 - f_s^*/(Q_1 f_t^*)) & 0 > 3p^* \geq 3p_t^* \\ 0 & 3p_t^* > 3p^* \end{cases} \quad (1)$$

где p^* - давление относительно предела прочности на сжатие, y – параметр, зависящий от нормированной пластической деформации, F_r – множитель динамического роста давления, A, n – константы поверхности разрушения , f_s^*- предел прочности на сдвиг относительно предела прочности на сжатие, f_t^*- предел прочности на растяжение относительно предела прочности на сжатие, Q_1 – функция поверхности разрушения, зависящая от угла Лодэ, Q_2 – максимальная потеря прочности, p_t^* - критическое давление [1].

Предел прочности на растяжение критически важен для прогнозирования хрупкого разрушения, определения условий накопления повреждений и моделирования откола при динамических воздействиях. В расчете дискретно варьировалась данная величина (f_t^*) со следующими значениями: 0.01, 0.05, 0.1

Численное моделирование процесса пробития кумулятивной струей бетонной преграды проводилось в эйлеровой постановке. Кумулятивный заряд представляет собой заряд известной конструкции диаметром 50 мм [2].

По результатам численного расчета был проведен анализ параметров пробития кумулятивной струей преграды, согласно которому можно сделать следующие выводы. При увеличении нормализованного предела прочности на растяжение в 10 раз диаметр сквозного отверстия вырос на 23%, диаметр откола на лицевой поверхности повысился на 8%, глубина откола с лицевой стороны возросла на 10,5%.

Список литературы

1. Grunwald C., Schaufelberger B., Stolz A., Riedel W., Borrvall T. A General Concrete Model in Hydrocodes: Verification and Validation of the RHT model in LS-DYNA // International Journal of Protective Structures. 2017. V. 8 (1). Pp. 58-85.
2. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. В 2 т. 3-е изд. перераб. Том 2. М.: Физматлит, 2004. 656 с.

УДК 623.562: 531.58

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПРОНИКАНИЯ ГПЭ ИЗ СПЛАВА ВНЖ В ПРЕГРАДЫ ИЗ Д16 И СТАЛИ 3

Некрасов М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
nma18m547@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Попов Ю.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Разработка боеприпасов и современных средств защиты требует моделирования взаимодействия поражающих элементов с различными типами преград. Одним из ключевых параметров, определяющих уровень защиты, являются глубина проникания поражающего элемента или предельная толщина пробития монолитной преграды. Целью данной работы было разработать методику определения глубины проникания готового поражающего элемента (ГПЭ) из сплава ВНЖ в преграды из Д16 и стали 3.

Экспериментально показано, что в диапазоне скоростей 550-650 м/с механизм проникания в преграды из стали 3 близок к аэродинамическому. Это послужило причиной использования методики, сформулированной для недеформируемых ударников. ГПЭ рассматривается как абсолютно твердое тело, преграда как полубесконечная, а взаимодействие ГПЭ с преградой происходит по нормали.

В основе экспериментальной части методики лежит закон сопротивления преграды прониканию [1]:

$$\begin{cases} \sigma_n = \rho_b V_n^2 + H_{db}, \\ \tau_n = \mu\sigma_n, \end{cases} \quad (1)$$

где σ_n – нормальное удельное сопротивление прониканию, τ_n – касательное удельное сопротивление прониканию, μ – коэффициент внешнего трения взаимодействующих материалов (принято $\mu = 0$ [1]), ρ_b – плотность материала преграды, H_{db} – динамическая твердость материала преграды.

В основе теоретической части данной методики лежит интегрирование дифференциального уравнения движения ГПЭ в преграде:

$$m\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F}, \quad (2)$$

где m – масса ГПЭ, $\bar{V}$ – вектор скорости ГПЭ, $\bar{F}$ – сила сопротивления преграды прониканию.

На этапе внедрения до радиуса эквивалентной сферы (этап I) сила сопротивления является функцией скорости и координаты ГПЭ: $F_{x.I} = F_{x.I}(x, V_x)$. На следующем этапе (этап II) сила сопротивления является функцией только скорости ГПЭ: $F_{x.II} = F_{x.II}(V_x)$.

В соответствии с этапами поникания были рассмотрены две расчетные схемы по определению глубины проникания:

1. Схема с L – реальной глубиной проникания. Для ее расчета необходимо учесть этап I, что требует численного интегрирования,

2. Схема с L_{II} – фиктивной глубиной проникания. В данной схеме рассматривается только этап II, а скорость ГПЭ после внедрения на глубину одного радиуса эквивалентной сферы полагается равной изначальной скорости V_0. Вычислительно эта схема является более простой (расчет L_{II} производится по конечной зависимости (4)), однако ее недостаток в некорректности результата.

Для объединения преимуществ этих схем предложено следующее соотношение:

$$L = L_{II} + kR, \quad (3)$$

где R – радиус эквивалентной сферы, k – коэффициент проникания полусферы (головной части).

$$L_{II} = \frac{m}{2A_{II}} \ln\left(1 + \frac{A_{II}}{C_{II}} V_0^2\right), \quad (4)$$

где A_{II}, C_{II} – константы, зависящие от геометрии ГПЭ и свойств преграды.

Вывод

Методика была разработана, а результаты расчетов по ней коррелируют с результатами экспериментов, однако для использования методики требуется относительно точно знать динамическую твердость преграды, поскольку ее значение существенно влияет на глубины проникания, что также было выяснено из серии расчетов.

Внутри методики был предложен путь, альтернативный прямому численному интегрированию дифференциального уравнения движения, по расчету глубины проникания с использованием фиктивной глубины проникания, вычисляемой по конечной зависимости, и

коэффициента проникания полусферы. Данный коэффициент был вычислен непосредственно по формуле 3 для различных значений начальной скорости ГПЭ и динамической твердости преграды, и полученные значения коэффициента были сведены в таблицу для облегчения дальнейших расчетов по данной методике.

Полученные в данной работе аналитические зависимости могут быть использованы в других исследованиях в области конечной баллистики, а сама экспериментально-теоретическая методика требует дальнейшего уточнения и совершенствования.

Список литературы

1. Велданов В.А. Прикладная теория удара: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 42 с.

УДК 623.468.082.5:623.4.082.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСКОЛОЧНОГО ПОЛЯ БОЕПРИПАСА С ПОЛИМЕРНОЙ ОБОЛОЧКОЙ И ГОТОВЫМИ ПОРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Смеликов И.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
smelikovis@student.bmstu.ru
Научные руководители: Малищук Т.С., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Попов Ю.В., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Процесс метания готовых поражающих элементов (ГПЭ), сопровождаемый ударными нагрузками и высокими скоростями деформаций, довольно часто становится сложным для изучения и анализа результатов эксперимента. В связи с этим численное моделирование в прикладном пакете программ для решения задач явной динамики LSDYNA становится ключевым методом прогнозирования характеристик осколочного поля и получаемой формы ГПЭ. Существующие модели обеспечивают высокую точность, но требуют адаптацию под специфику задачи метания ГПЭ. Применение численного моделирования позволяет снизить трудоёмкость при изучении процесса формирования осколочного поля и планирования экспериментов.

Целью данной работы является разработка методики численного расчёта и её экспериментальная проверка. Задачи работы:

- Определение характеристик осколочного поля по результатам эксперимента;
- Решение задачи метания ГПЭ на основе численного моделирования;
- Обработка результатов численного моделирования;
- Сопоставление и анализ результатов численного моделирования с экспериментом.

Экспериментальная сборка представляет собой плотно уложенные сферические ГПЭ из тяжёлого сплава, соединённые эпоксидной смолой. В качестве снаряжения используется А-IX-1.

При решении задачи в трёхмерной постановке используется S-ALE решатель. Шаг сетки по расчётной области (50х50х70 мм) Эйлерового домена был принят равным 0,5 мм, а характерный размер конечных элементов ГПЭ, описанных Лагранжевым методом Уилкинса, в среднем равен 0,65 мм. Учёт взаимодействия «жидкость-твёрдое тело» осуществляется с помощью метода FSI. Для описания поведения материала ГПЭ используется модель Джонсона-Кука [1] и модель упругопластической среды с учётом сжимаемости, для эпоксидной смолы – модель сжимаемой жидкости [2], для материала снаряжения – модель JWL [3].

Были проведены три расчёта в следующих комбинациях моделей материалов:

а) Модель Джонсона-Кука для материала ГПЭ и JWL для материала снаряжения с параметрами из работы [3];

б) Модель упругопластической среды для материала ГПЭ и JWL для материала снаряжения с параметрами аналогичными *(а)*;

в) Модель упругопластической среды для материала ГПЭ и JWL для материала снаряжения с подобранными параметрами.

В результате расчётов установлено, что при использовании комбинации моделей материалов в вариантах *(б)* и *(в)* механическое поведение материала ГПЭ и форма ГПЭ больше соответствует эксперименту. Использование параметров JWL, подобранных в данной работе, для описания расширения продуктов детонации снаряжения *(в)* позволило в расчете приблизиться к экспериментальным распределениям скоростей по меридиональному углу разлёта. Отклонение рассчитанной скорости от экспериментальной в диапазоне меридиональных углов -12°…24° составило 10-22%.

Таким образом была разработана методика численного расчёта характеристик осколочного поля и проведено сравнение с экспериментом. Была продемонстрирована возможность использования упругопластической модели для описания поведения материала ГПЭ взамен модели Джонсона-Кука. Разработанная методика и полученные результаты могут использоваться для изучения процесса формирования осколочного поля из полимерной оболочки с ГПЭ, а также планирования экспериментов.

Список литературы

1. Завора И.В., Имховик Н.А. Численное моделирование формирования и метания элементов из тяжелого сплава в малокалиберном выстреле ближнего боя // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. № 5. С. 1-18.

2. Rashed A., Yazdani M., Babaluo A.A., Hajizadeh Parvin P. Investigation on high-velocity impact performance of multi-layered alumina ceramic armors with polymeric interlayers // Journal of Composite Materials. 2015. V. 50 (25). Pp. 1-16. DOI: 10.1177/0021998315622982.

3. Колпаков В.И. Определение констант уравнения состояния продуктов детонации в форме Джонса-Уилкинса-Ли // Известия Российской Академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 4. С. 87-92.

СЕКЦИЯ «АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ»

УДК 621.77.04

АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Егорова Е.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
egorovaes@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Копейкин Р.Е., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В современном мире технологии оптимизации аддитивных конструкций играют значимую роль в обеспечении эффективных решений в различных областях деятельности. Спрос на них растет, и чтобы уменьшить расход средств и увеличить результативность было решено взять задачу оптимизации 3D-модели луча летательного аппарата.

Критерием оптимизации конструкции являлось увеличение прочности модели луча летательного аппарата, при уменьшении его массы.

Осуществление задач производилось при помощи программного обеспечения SolidWorks. Были применены математические методы расчётов оптимизации, на их основе проведена серия опытов и испытаний над моделью. Для работы было решено использовать Structural Optimization и Topology Optimization, так как это позволит оптимизировать параметры механической прочности луча, такие как максимальное напряжение и деформация, а также поможет выбрать оптимальную форму для различных деталей луча. Такой выбор обоснован тем, что луч летательного аппарата должен иметь высокую механическую прочность, чтобы выдерживать высокие аэродинамические нагрузки. После опытного подтверждения расчётов предпринятые шаги были формализованы в формате универсального алгоритма.

У алгоритма автора есть один аналог. Метод SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization). Данный метод используется для оптимизации топологии 3D моделей путем внутреннего перераспределения материала. Он основан на идее того, что более жесткие материалы должны быть расположены в местах, где возникают большие напряжения, а менее жесткие материалы там, где напряжения ниже. Но такой способ влечет за собой геометрические несовершенства, в силу того, что процесс перераспределения материала может привести к появлению неровностей и несимметричных форм в конечной модели. Также к минусам алгоритма SIMP относится его узкоспециализированность, а значит не учитываются важные критерии и особенности, характерные данной сфере. В процессе создания авторского алгоритма были рассмотрены все специфики и другие нюансы летательного аппарата. Были учтены индивидуальные особенности распределения напряжения в лучах летательного аппарата, их аэродинамических характеристики, интеграции подвижных систем и перераспределение материала и изменение формы конструкции с учётом заданных параметров и целей. Еще один недостаток алгоритма SIMP - необходимость корректного определения начального распределения материала. Такими данными могут обладать не все модели.

Именно в этих ключевых свойствах лежат главные преимущества авторского алгоритма перед алгоритмом SIMP, следовательно, алгоритм автора имеет больше пользы в сравнении с методом SIMP. Алгоритм позволяет увеличить коэффициент запаса прочности модели в 6,57 раз, при этом расход материала уменьшить на 8,24 % [1, 2].

Список литературы
1. Зигмунд О., Маут К. Подходы к оптимизации топологии. // Космические аппараты и технологии. 2013. № 3-4 (6). С. 7-10.
2. Гао Дж., Сяо М. Всесторонний обзор оптимизации изогеометрической топологии: методы, применение и перспективы. // Китайский журнал машиностроения. 2020. № 87. С. 5-9.

УДК 621.371.32

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАДИОЛОКАТОРАХ С ИНВЕРСНЫМ СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ

Зельницкий Н.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
zna21m066@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Сучков В.Б., д.т.н., проф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В системах с инверсным синтезированием апертуры (ИСА) изображение цели формируется за счёт обработки отражённых сигналов при относительном движении объекта и радара. Полученное двумерное распределение амплитуды напряженности поля, отображает расположение основных центров рассеяния на объекте.

Одним из подходов к моделированию поля рассеяния является использование полигональных моделей объектов [1]. Полигональная модель представляет поверхность объекта в виде совокупности большого числа малых плоских граней. Такой подход позволяет достаточно точно описать геометрию сложного объекта. Применение полигональных моделей в контексте формирования радиолокационных изображений имеет большое преимущество, поскольку оно позволяет с помощью компьютерного эксперимента оценить обратное рассеяние от цели без проведения натурных испытаний. Это актуально при проектировании радиолокационных систем, отработке алгоритмов формирования изображений, а также при создании эталонных баз радиолокационных портретов для систем автоматического распознавания целей.

Для моделирования электромагнитного рассеяния от сложных целей на основе полигональных моделей применяются асимптотические методы. Поле рассеяния полигональной модели цели состоит из 3-х компонент: первая компонента обусловлена рассеянием на гладкой части цели, вторая - обусловлена рассеянием на острых кромках цели, третья - учитывает явления взаимодействия элементов геометрии цели. Каждая из трех компонент определяется в результате когерентного суммирования полей рассеяния отдельных поверхностей геометрической модели цели.

В типичной схеме ИСА радар облучает цель серией зондирующих сигналов, а приёмник регистрирует отражённые сигналы при изменении углового положения цели относительно радара. Полученные данные представляют собой набор временных откликов при различных ракурсах, несущих информацию о распределении локальных отражателей на цели.

В нашем случае распределение поля рассеяния для каждого фацета, острой кромки и переотражения известно заранее, на основе этих данных двумерное радиолокационное изображение может быть получено по уравнению (5).

Для получения двумерного изображения используется методика, описанная в [2], задается массив частот f и углов α затем для каждой пары f и α вычисляется напряженность поля рассеяния.

$$E(k,\alpha)=\left|\rho_k\right|e^{-j2\pi\left(\frac{2f}{c}\right)x_0}e^{-j2\pi\left(\frac{k_c\alpha}{\pi}\right)y_0}, \quad (1)$$

где: ρ_k - комплексный коэффициент отражения элементарного отражателя, x_0, y_0, координаты элементарного отражателя в системе координат цели, $k_c=2\pi f_c/c$ - волновое число на центральной частоте f_c, для полигональной модели цели $E(k,\alpha)$ может быть вычислена исходя из (2), (3), (4).

$$E^m(k,\alpha)=\sum_{k=0}^{T}\left|\dot{\rho}_k{}^m\right|\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{2f}{c}\right)\cdot x_k{}^m}\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{k_0\alpha}{\pi}\right)\cdot z_k{}^m}, \quad (2)$$

$$E^\kappa(k,\alpha)=\sum_{k=0}^{K}\left|\dot{\rho}_k{}^\kappa\right|\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{2f}{c}\right)\cdot x_k{}^\kappa}\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{k_0\alpha}{\pi}\right)\cdot z_k{}^\kappa}, \quad (3)$$

$$E^n(k,\alpha)=\sum_{k=0}^{P}\left|\dot{\rho}_k{}^n\right|\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{2f}{c}\right)\cdot x_k{}^n}\cdot e^{-j2\pi\cdot\left(\frac{k_0\alpha}{\pi}\right)\cdot z_k{}^n}, \quad (4)$$

$$ISAR(x,y)=\mathbf{F}_1{}^{-1}\{E(k,\alpha)\}, \quad (5)$$

где: T, K, P - количество треугольных элементов, кромок и переотражений соответственно, $\dot{\rho}_k{}^m$, $\dot{\rho}_k{}^\kappa$, $\dot{\rho}_k{}^n$ комплексные коэффициенты отражения треугольного элемента, острой кромки и переотражения, $ISAR(x,y)$ - амплитуда поля в точке на картинной плоскости с координатами x, y, $\mathbf{F}_1{}^{-1}\{\ \}$ - операция обратного преобразования Фурье.

Данная методика, основанная на получении радиопортретов на основе полигональных моделей целей, позволяет воспроизводить основные характеристики электромагнитного рассеяния сложных целей и получать их радиолокационные портреты, что необходимо для анализа и распознавания целей.

Список литературы

1. Лихоеденко К.П., Серегин Г.М., Сучков В.Б. Математическое моделирование характеристик рассеяния сверхкороткоимпульсных сигналов на объектах сложной формы // Электромагнитные волны и электронные системы. 2024. Т. 29. № 3. С. 59−80.
2. Caner Özdemir. Inverse synthetic aperture radar imaging with MATLAB algorithms. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2012. 407 p.

УДК 621.391.812

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛА СВЯЗИ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Музафаров И.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
mir21m434@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Перов А.Ю., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Глобальная система позиционирования является неотъемлемой частью современных навигационных технологий, где точность и надежность передачи сигналов напрямую зависят от устойчивости канала связи к различным видам помех. В основе системы GPS (Global Positioning System) лежат три сегмента: космический, наземный и пользовательский. Определение координат основано на методе трилатерации, при котором приемник вычисляет своё местоположение, измеряя задержку сигналов от нескольких спутников. Сигналы

передаются с использованием различных методов модуляции, обеспечивающих точность и помехоустойчивость.

Помехи, воздействующие на сигнал GPS, могут быть классифицированы по спектральным и временным характеристикам. Узкополосные помехи воздействуют на ограниченный частотный диапазон и сложны для подавления, так как перекрывают узкую полосу сигнала, что требует сложных фильтрующих алгоритмов. Широкополосные помехи, напротив, распределяют свою энергию по широкой полосе частот, снижая отношение сигнал/шум во всём диапазоне работы навигационной системы. Импульсные помехи представляют собой кратковременные высокоэнергетические всплески, которые могут значительно ухудшить качество навигационного сигнала. Помехи с согласованным спектром нацелены на специфические характеристики GPS-сигнала и могут эффективно подавлять его, имитируя параметры оригинального сигнала, что делает их особенно опасными для приёмников.

Для анализа поведения канала связи в условиях воздействия различных типов помех была разработана модель GPS-канала в программной среде Simulink. В модели были реализованы основные компоненты системы, включая генератор навигационного сигнала, блок модуляции, канал передачи с возможностью добавления различных типов помех и демодулятор. В качестве входных данных использовался PRN-код спутника, который подвергался BPSK (Binary Phase Shift Keying) модуляции и передавался через имитированный канал связи. В моделируемый канал вводились различные типы помех, включая узкополосные и широкополосные шумовые сигналы с различными уровнями мощности.

Анализ результатов показал, что снижение отношения сигнал/шум ниже определённого порога приводит к значительному увеличению ошибки позиционирования, а в критических условиях – к полной потере навигационного решения. Также было выявлено, что широкополосные помехи имеют более выраженное влияние на стабильность работы приемника, тогда как узкополосные помехи могут эффективно подавлять навигационный сигнал при точном совпадении с его спектром [1].

Список литературы

1. Тяпкин П.С., Важенин Н.А. Повышение помехоустойчивости систем связи в условиях импульсных квазигармонических помех с использованием слепых методов обработки сигналов // Труды МАИ. 2023. № 128. DOI: 10.34759/trd2023-128-13.

УДК 004.932.72

АЛГОРИТМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ СО СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Никулина З.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
nze21m449@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Копейкин Р.Е., к.т.н., доцент.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Для автоматизации классификации спутниковых снимков традиционные методы обработки данных, основанные на ручной разметке и классических алгоритмах, оказываются недостаточно эффективными при работе с большими объемами информации. В связи с этим широко применяются методы машинного обучения, включая ансамблевые алгоритмы, методы поиска аномалий и глубокие нейронные сети.

Ансамблевые методы, такие как Gradient Boosting Decision Tree (GBDT), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) и Light Gradient-Boosting Machine (LightGBM), позволяют выявлять закономерности в данных и предсказывать классы объектов. XGBoost использует

регуляризацию и оптимизированные вычисления, что ускоряет процесс обучения и предотвращает переобучение. LightGBM снижает вычислительные затраты за счет специальных методов оптимизации выборки и уменьшения размерности данных. Эти методы эффективны для классификации, но ограничены в точности сегментации сложных объектов.

Методы поиска аномалий, такие как Isolation Forest и One-Class Support Vector Machine (One-Class SVM), применяются для выделения аномальных объектов, которые значительно отличаются от основного распределения данных. Isolation Forest строит деревья разбиения, оценивая степень изолированности объектов, а One-Class SVM обучается на данных одного класса и определяет границы между нормальными объектами и выбросами. Однако данные методы демонстрируют ограниченную точность в задачах сегментации.

Наиболее точные результаты в классификации спутниковых снимков обеспечивает глубокое обучение, в частности архитектура UNet. Данная сеть включает энкодер, извлекающий ключевые признаки изображения, и декодер, восстанавливающий пространственное разрешение. В данном исследовании UNet адаптирована для многоканальных спутниковых снимков.

Сравнительный анализ методов показал, что UNet продемонстрировала наилучшую точность (95%). Ансамблевые методы LightGBM и XGBoost достигли 92% и 90% соответственно, но уступили нейросетевому подходу. Методы поиска аномалий продемонстрировали более низкую точность (Isolation Forest – 78%, One-Class SVM – 85%) из-за ориентации на редкие структуры.

Таким образом, показано, что применение современных алгоритмов машинного и глубокого обучения значительно повышает эффективность автоматизированной обработки спутниковых изображений [1, 2].

Список литературы

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. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.

УДК 004.942

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Поседкин Н.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
posedkinnm@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Копейкин Р.Е., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Прогнозирование спроса в условиях динамичных рыночных изменений требует интеграции методов машинного обучения с анализом разнородных данных. Современные подходы опираются на генеративные языковые модели (LLM), дополненные методами извлечения информации, такими как RAG (Retrieval-Augmented Generation) и OSINT (Open-Source Intelligence). Первый обеспечивает актуальность прогнозов за счет динамического доступа к внешним источникам, а второй структурирует данные из открытых ресурсов, формируя основу для контекстного анализа. Это позволяет учитывать не только исторические паттерны спроса, но и текущие рыночные тренды, геополитические события и поведенческие факторы.

Архитектура LLM, основанная на трансформерах, использует механизм внимания для выявления семантических связей между токенами. Ключевым элементом является система

QKV (Query, Key, Value), где запросы сопоставляются с ключами для извлечения релевантных значений.

Для адаптации LLM к узкоспециализированным задачам применяется метод LoRA (Low-Rank Adaptation), снижающий вычислительные затраты за счет низкоранговой коррекции параметров. Процесс дообучения включает три этапа: обогащение предметной области через тексты экономической и геополитической тематики, тонкую настройку с использованием обратной связи от пользователей (RLHF) и формализацию вывода данных для совместимости с классическими алгоритмами. Это позволяет сохранить предобученные когнитивные связи модели, избегая ее «перезаписи».

Сгенерированные LLM признаки передаются в ансамблевые алгоритмы, такие как LightGBM и XGBoost, которые демонстрируют преимущество перед полносвязными нейронными сетями в точности прогнозирования. Их эффективность обусловлена минимизацией ошибок за счет последовательной коррекции слабых моделей и регуляризации, предотвращающей переобучение. Например, в тестах на открытых датасетах LightGBM показал RMSE 128.92 против 1248.42 у полносвязной сети, что подтверждает целесообразность их использования в финальной стадии прогнозирования.

Ключевым результатом исследования является подтверждение гипотезы о синергии семантического анализа LLM и классических методов машинного обучения. Подобные системы не только повышают точность прогнозов, но и снижают операционные затраты за счет автоматизации обработки текстовых и структурных данных.

Перспективы работы связаны с оптимизацией конвейеров обработки данных и разработкой универсальных шаблонов для генерации структурированных выводов. Это позволит масштабировать систему для различных отраслей, от ритейла до логистики, обеспечивая адаптацию к специфическим бизнес-требованиям [1, 2].

Список литературы

1. Introducing Meta Llama 3: The most capable openly available LLM to date / Meta. URL: https://ai.meta.com/blog/meta-llama-3/ (Дата обращения 17.10.2024).
2. Forecasts for Product Demand / Kaggle. URL: https://www.kaggle.com/datasets/felixzhao/productdemandforecasting/data (Дата обращения 17.10.2024).

УДК 621.396.67

РАЗРАБОТКА КОНФОРМНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ПОДВИЖНОГО НОСИТЕЛЯ

Тётушкин Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
tyotushkinda@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Каракулин Ю.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

В практике разработок антенн для подвижных носителей следует учитывать жесткие требования не только по характеристикам направленности, но и по геометрическим размерам и занимаемому пространству, что обусловлено конструкцией корпуса носителя, его наполнением другими функциональными узлами и рабочим диапазоном.

Для решения данной задачи использована конформная антенна, при этом в процессе проектирования использованы особенности микрополосковых вибраторных антенн, также применительно к условиям задачи адаптирована коническая спиральная антенна, позволяющая сделать выбор геометрических размеров более гибким.

Основные требованиями при разработке: расстояние от поверхности до излучающих элементов не более 1,5 мм; отклонение диаграммы направленности (ДН) от оси носителя по

уровню половинной мощности не более 16 градусов в направлении, противоположном движению; согласование на частотах 975 МГц ± 75 МГц (коэффициент стоячей волны (КСВ) < 2).

Для работы была выбрана спиральная двухзаходная антенна с шириной проводника 1 мм. Витки расположены диаметрально противоположно вдоль поверхности конуса (высота — 65 мм, радиус в основании — 22 мм, радиус в вершине — 8 мм), находясь внутри материала, из которого он выполнен (диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 4$, тангенс угла потерь $\mathrm{tg}\delta = 0{,}002$). Тангенс угла наклона конуса θ_0 равен 4,64286, длина рассчитана и равна примерно 50,6 мм, фактически в конструкции она составляет 52 мм. Угол поворота спирали α равен примерно 75 градусов, тогда число витков примерно 0,6147, фактически в конструкции 0,5 [1].

В качестве микрополосковой линии (МПЛ), ведущей к антенне, использована микрополосковая линия на подложке ($\varepsilon = 4{,}25$, $\mathrm{tg}\delta = 0{,}021$), которая предполагает соединение конструкции с микросхемой детектора (например, AD8315). Ширина проводника обусловлена шириной линии, идущей от микросхемы, и требованием по согласованию антенны. В качестве земли используется обратная сторона платы круглого сечения, который металлизирован, наличие данной конструкции обеспечивает характеристики ДН в широком диапазоне частот. Микрополосковая линия излучателя, соединяющая спирали с базовой МПЛ выполнена без заземляющей плоскости (на той же подложке), чтобы обеспечить всенаправленное излучение, ее параметры используются для согласования антенны на требуемой частоте (ширина проводника и толщина подложки) [2].

Модель спроектирована в САПР электромагнитного моделирования FEKO, где проведен численный расчет параметров антенны.

В результате исследования принципов проектирования микрополосковых вибраторных и спиральных антенн были выявлены возможные преимущества и ограничения их использования в рамках поставленной задачи, что позволило конформную создать антенну, соответствующую требованиям.

Список литературы

1. Araghi A., Lai B.L. Systematic design and simulation of a miniaturized conical log-spiral antenna // 2023 7th International Electromagnetic Compatibility Conference (EMC Turkiye) (İstanbul, 17-20 September, 2023): conference paper, 2023. DOI: 10.1109/EMCTurkiye59424.2023.10287484.
2. Balanis C.A. Antenna theory: analysis and design. / 2nd ed. John Wiley & Sons, 2016. 600 p.

СЕКЦИЯ «ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА»

УДК 623.44

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИКИ ПУЛЕМЁТА ПКМ МЕТОДОМ СКОРОСТНОЙ ВИДЕОСЪЁМКИ

Бакулин В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
valya.kekus@yandex.ru
Научный руководитель: Дорошенко С.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Исследование было направлено на изучение влияния массы стрелка на работу автоматики пулемёта ПКМ (пулемёт Калашникова модернизированный) при стрельбе лёгким и тяжёлым стрелком, а также разработку математической модели системы «стрелок-оружие». Для этого были проведены экспериментальные испытания с использованием скоростной видеосъёмки, зафиксировавшей движение реперных точек на оружии. Данные были обработаны в программе Tema Motion, применение метода Савицкого-Голея, реализованного на языке программирования Python, позволило сгладить шумы. В итоге были получены зависимости перемещения, скорости и ускорения затворной рамы и стрелка.

На основе экспериментальных данных была составлена система дифференциальных уравнений, описывающих внутреннюю баллистику и движение автоматики [1, 2, 3]. В модель включены параметры амортизации стрелка — жёсткость k и демпфирование c, которые были получены решением матричного уравнения и методом наименьших квадратов. Для лёгкого стрелка (80 кг) получены значения $k = 357269{,}87,\ \text{Н} \cdot \text{м}$ и $c = -605{,}23,\ \frac{\text{Н·м}}{\text{с}}$, для тяжёлого (100 кг) — $k = 287513{,}13,\ \text{Н} \cdot \text{м}$ и $c = -338{,}03, \frac{\text{Н·м}}{\text{с}}$. Расчётные значения темпа стрельбы для лёгкого и тяжёлого стрелков составили 721 и 699 $\frac{\text{выстр.}}{\text{мин}}$ соответственно, что близко к экспериментальным данным (730 и 690 $\frac{\text{выстр.}}{\text{мин}}$) с отклонением не более $1{,}5\%$.

Результаты показали, что лёгкий стрелок обеспечивает более высокий темп автоматики из-за меньшей массы, однако математическая модель не полностью учитывает динамические изменения характеристик человека, такие как переменные жёсткость и демпфирование. Несмотря на это, характер расчётных кривых совпадает с экспериментальными, что подтверждает работоспособность модели.

Выводы работы подчёркивают прямую зависимость темпа стрельбы от массы стрелка и необходимость учёта нелинейных параметров системы «человек-оружие» для повышения точности моделирования. Разработанная модель применима для проектирования амортизаторов с постоянными характеристиками, но требует доработки для адаптации к реальным условиям.

Список литературы

1. Алфёров В.В. Конструкция и расчет автоматического оружия. М.: Машиностроение, 1977. 248 с.
2. Скоробогатский В.Н., Новикова М.Н. Введение в теорию установок автоматического артиллерийского вооружения. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 60 с.
3. Лебединец А.Н. Проектирование и расчет газовых двигателей автоматического оружия: Учеб. пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 52 с.

УДК 533.6

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛОВ ЭЙЛЕРА И КВАТЕРНИОНОВ В ДИНАМИКЕ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Капытин Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
danya.kapytin@bk.ru
Научные руководители: Лаптева Л.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Тищенко Д.Ю., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

При расчёте кинематической траектории полёта летательного аппарата (ЛА) в пространстве предполагается использование математического аппарата для описания взаимного положения связанной системы координат (СК) относительно нормальной СК. Традиционно в математических моделях используются системы кинематических параметров, описываемых с помощью классических углов поворота Эйлера. Другим возможным подходом к описанию траектории полёта ЛА в пространстве является кватернионное описание, имеющее преимущество по сравнению с углами Эйлера.

Углы Эйлера (γ — крен, ψ — рысканье, ϑ — тангаж) — минимальный набор параметров для построения матрицы вращения.

На ЛА углы Эйлера определяются следующим образом [1]:

1. Измеряются составляющие угловой скорости связанной СК ($\omega_x, \omega_y, \omega_z$);

2. Преобразуются составляющие угловой скорости связанной СК в угловые скорости изменения углов Эйлера ($\dot{\gamma}, \dot{\psi}, \dot{\vartheta}$), в результате чего получается кинематическое дифференциальное уравнение;

3. Интегрируется кинематическое дифференциальное уравнение для получения углов Эйлера.

В случае использования углов Эйлера во вращении ЛА возможно появление математической сингулярности. Это явление называется «шарнирным замком» или эффектом «складывания рамок» [1].

Для объяснения эффекта «шарнирного замка» необходимо рассмотреть последовательность поворотов *Y-Z-X* [2]. Когда вращение вокруг оси *Z* (угол ϑ) становится равным ±90°, ещё не использованная нормальная ось вращения *X* становится параллельной оси *Y*, но с обратным направлением, поэтому вращение вокруг неё вступает в конфликт с предыдущим вращением вокруг *Y*. Когда оси совпадают, теряется одна степень свободы и кинематическое дифференциальное уравнение становится нестабильной.

В случае использования кватернионов проблемы «шарнирного замка» нет, так как общий для трех поворотов кватернион поворота приводит ЛА в корректное положение.

Связанная СК повёрнута относительно нормальной СК на один угол φ. Это вращение происходит вокруг специфической оси $\vec{\xi}$, называемой главной осью поворота. Главная ось поворота зафиксирована в начальном положении. Кватернион — четырёхмерный вектор (гиперкомплексное число), определяемый с помощью проекций главной оси поворота ξ_x, ξ_y, ξ_z и угла φ. Причём кватернион не обладают свойством коммутативности [3], а ξ_x, ξ_y, ξ_z являются аналогами мнимой единицы. С помощью данных свойств кватернионов появляется возможность поворота ЛА на любой угол.

Так как кватернион — четырёхмерный вектор, кинематическое дифференциальное уравнение имеет четыре составляющих. Зная начальные значения углов Эйлера, можно определить начальные значения элементов кватерниона по известным зависимостям, и на каждом шаге интегрирования кинематического дифференциального уравнения определить значения углов Эйлера [1].

Для анализа двух математических моделей вращения была реализована программа на языке программирования C++, которая показала, что математическая модель кватернионов тратит на 10.48% больше времени на расчёт.

Исходя из этого был сделан вывод: математической моделью кватернионов стоит пользоваться в тех случаях, когда заранее известно, что угол ϑ достигает значений ±90°, в таком случае «шарнирный замок» отсутствует. Но если заранее известно, что угол ϑ не превысит ±90°, достаточно воспользоваться математической моделью углов Эйлера, в этом случае будет затрачено меньше времени на расчёт.

Список литературы

1. Beard R.W., McLain T.W. Small unmanned aircraft: theory and practice. // Aeronautical Journal. New Series. № 117 (1194). DOI: 10.1017/S0001924000008496.
2. ГОСТ 20058-80. Динамика летательных аппаратов в атмосфере, термины, определения и обозначения. Введён 30.12.80. Москва: Изд-во стандартов, 1980. 54 с.
3. Мисюра Н.Е., Митюшов Е.А. Кватернионные модели в кинематике и динамике твердого тела: учебное пособие / Мин-во науки и высш. образования РФ. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. 120 с.

УДК 623.4.086:533.697.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ИНТЕРЦЕПТОРА ПРИ ПОМОЩИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Колмогорова С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
s.kolmogorova@icloud.com
Научный руководитель: Розанов Л.А., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rozanov@bmstu.ru

Газодинамические интерцепторы – это устройства для управления движением летательных аппаратов за счет отклонения газовой струи двигателя, представляющие собой щитки, частично перекрывающие выходное сечение реактивного сопла. В отличие от традиционных газодинамических рулей, интерцепторы вводятся в поток только при необходимости, что позволяет снизить потери тяги. При этом сохраняется общая простота конструкции по сравнению с другими системами газодинамического управления, такими как система с поворотным соплом или с инжекцией рабочего тела в диффузор сопла. В настоящее время газодинамические интерцепторы используются для повышения маневренности таких ракет, как Р-73 и РВВ-МД [1]. Однако имеющейся в открытых источниках информации недостаточно для построения методического аппарата, который обеспечил бы учёт газодинамических интерцепторов при баллистическом проектировании ракеты. Требуется методика расчёта их рабочих характеристик на начальном этапе без обращения к физическому моделированию, что определяет актуальность исследования.

Целью исследования являлась разработка методического подхода к определению основных рабочих характеристик газодинамических интерцепторов с помощью математического моделирования. Объектом исследования являлись газодинамические интерцепторы в составе органов управления ракетой. Предметом исследования являлись рабочие характеристики интерцепторов (управляющий момент, шарнирный момент, потери тяги ракетного двигателя).

В работе использован RANS-метод для численного моделирования течения продуктов сгорания топливного заряда в сопле с интерцептором и в пространстве позади ракеты. К основным допущениям, принятым при моделировании, относятся:

- учёт турбулентности по модели *k-ω SST*;
- представление текучей среды как смеси двух нереагирующих идеальных газов (воздуха и продуктов сгорания твердотопливного заряда);
- рассмотрение течения как квазистационарного.

Численные эксперименты проведены для нейтрального положения интерцептора и для трёх значений угла вдвижения интерцептора $\delta_и = 5°; 10°; 15°$.

Для определения управляющего момента $M_{упр}$, шарнирного момента $M_ш$ и потерь тяги ΔP использованы следующие зависимости:

$$M_{упр} = Y_и \cdot x_{интерц} - X_и \cdot y_{интерц}$$

где $X_и, Y_и$ – продольная и боковая составляющие силы, действующей на интерцептор, соответственно, Н; $x_{интерц}, y_{интерц}$ – продольная и боковая составляющие расстояния от центра масс ракеты до точки приложения силы, действующей на интерцептор, м;

$$M_ш = |Y_и \cdot x_ш - X_и \cdot y_ш|,$$

где $x_ш, y_ш$ – горизонтальная и вертикальная составляющие расстояния от оси поворота интерцептора до точки приложения силы, действующей на интерцептор, м;

$$\Delta P = \frac{P_x - X_и}{P_{\delta=0°}} \cdot 100\%,$$

где P_x – осевая составляющая силы тяги при отклонённом интерцепторе, Н; $P_{\delta=0°}$ – осевая составляющая силы тяги при нейтральном положении интерцептора ($\delta_и = 0°$), Н.

В результате исследования получены зависимости $M_{упр}(\delta_и)$, $M_ш(\delta_и)$ и $\Delta P(\delta_и)$ для ракеты калибром 170 мм с номинальной тягой двигателя 5725 Н. Показано, что для такой ракеты $M_{упр}$ превышает $M_ш$ в 7 раз, при этом ΔP становится существенной (свыше 5%) при $\delta_и \geq 5{,}75°$. С учётом возможностей по размещению приводов интерцепторов вокруг соплового блока ракеты, определяющих допустимый $M_ш \leq 15{,}4$ Н·м, по полученным зависимостям определено предельное значение $\delta_{и.max} = 7{,}5°$, при котором $M_{упр} = 113{,}75$ Н·м, $\Delta P = 8{,}2\%$.

Показано, что предложенный подход позволяет эффективно, с точки зрения материально-временных затрат, оценивать влияние интерцептора на основные внешнебаллистические характеристики ракеты. Дальнейшее направление исследований – обобщение результатов численных экспериментов для различных вариантов геометрии соплового блока и внутрибаллистического решения двигателя, а также адаптация полученных результатов к проектированию планера ракеты с учётом передачи части усилий по созданию управляющего момента на газодинамические интерцепторы.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и оптимизации газодинамических интерцепторов для современных летательных аппаратов.

Список литературы

1. Беляев А.Н., Шавырин И.Б., Тищенко Д.Ю. Ракеты класса «воздух-воздух» как подсистема авиационного боевого комплекса. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. 126 с.

УДК 533.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗОГНУТЫХ ПО РАЗМАХУ НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТИВОДРОННОЙ РАКЕТЫ

Митрофанов И.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
mitr.iv2016@yandex.ru
Научные руководители: Лаптева Л.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»;
Тищенко Д.Ю., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

При разработке нового летательного аппарата (ЛА) встаёт вопрос выбора формы несущих поверхностей (НП). Большинство ЛА проектируется с прямыми НП, однако в случае необходимости уменьшения поперечных габаритов или осуществления старта из транспортно-пускового контейнера (например, для противодронных ракет), консоли несущих поверхностей могут быть складными и изогнутыми по размаху (так называемый «капустный лист»). Методический аппарат для расчёта аэродинамических характеристик (АДХ) таких НП в открытой печати не обнаружен. В связи с чем целью данной работы является учёт влияния изогнутых по размаху несущих поверхностей на АДХ ЛА.

Для решения поставленной задачи было выполнено численное моделирование процессов обтекания исследуемой компоновки противодронной ракеты, имеющей прямые консоли НП (компоновка №1), установленные по схеме «х», и определены зависимости коэффициентов продольной c_x, нормальной c_y, подъёмной c_{y_a} сил, а также силы лобового сопротивления c_{x_a} и момента тангажа m_z от угла атаки α при числе Маха $M = 0.5$.

Также для компоновки №1 были рассчитаны АДХ с использованием эмпирико-аналитической методики [1, 2, 3].

Затем были численно определены аналогичные зависимости АДХ для исследуемой компоновки, имеющей изогнутые по размаху консоли НП (компоновка №2), площадь которых в плане была равна площади прямых консолей.

Для компоновок №1 и №2 были проведены исследования на сеточную сходимость, в результате которых выбрано рациональное количество ячеек расчётной сетки, составившее ≈2.5 млн.

По результатам сравнения полученных зависимостей $c_x(\alpha)$, $c_y(\alpha)$, $c_{x_a}(\alpha)$, $c_{y_a}(\alpha)$ и $m_z(\alpha)$ для компоновок №1 и №2 можно сделать следующие выводы:

1. При замене прямых крыльев изогнутыми по размаху наблюдается незначительное увеличение значения силы лобового сопротивления на 6.16%;
2. Значения коэффициентов c_y, c_{y_a} и m_z для компоновок №1 и №2 практически не отличаются, что привело к незначительному смещению координаты центра давления компоновки (отсчитываемой от носа ЛА) в сторону кормовой части на 2.3%;
3. Эмпирико-аналитическая методика [1, 2, 3] позволяет определять АДХ ЛА с погрешностью не более 10-15%.

Поскольку сравнение результатов численного моделирования для компоновок №1 и №2 показало незначительное различие их АДХ (в пределах 7%), а эмпирико-аналитическая методика позволяет определять АДХ ЛА с прямыми консолями с погрешностью, не превышающей 10-15%, то для проведения аэродинамического проектирования ЛА с консолями НП, изогнутыми по размаху, допустимо применение данной методики.

Список литературы
1. Тищенко Д.Ю., Лаптева Л.А. и др. Разработка библиотеки подпрограмм для автоматизированного аэродинамического проектирования в рамках учебного процесса // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 1. С. 205-213. DOI 10.24412/2071-6168-2023-1-205-214.
2. Лаптева Л.А., Тищенко Д.Ю. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023613387 Российская Федерация. AeroBDSM (SDK): библиотека подпрограмм для аэродинамического расчёта летательных аппаратов : № 2022684196 : заявл. 07.12.2022 : опубл. 14.02.2023.
3. Лаптева Л.А., Тищенко Д.Ю. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680796 Российская Федерация. AeroBDSM (OOP): объектно-ориентированное программное обеспечение для аэродинамического расчёта летательных аппаратов : № 2023668171 : заявл. 23.08.2023 : опубл. 05.10.2023.

УДК 623.463.3:621.45.01

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДАЛЬНОБОЙНОГО СНАРЯДА И ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Соколова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
sokolova.nastya444@gmail.ru
Научный руководитель: Розанов Л.А., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rozanov@bmstu.ru

Современные вооружённые конфликты демонстрируют возрастающую важность дальнобойной ствольной артиллерии калибром 152 мм. Дальнейшее увеличение дальности за счет увеличения начальной скорости снаряда нецелесообразно, так как сопряжено со снижением живучести стволов. Необходимо обратить внимание на разработку дальнобойных снарядов. Современная схема дальнобойного снаряда включает в себя ракетный двигатель вместе с донным газогенератором (ДГГ). Такой газогенератор является наиболее распространенным средством увеличения дальности снарядов. При использовании только ДГГ обеспечивается прирост дальности, но сохраняется масса разрывного заряда (РЗ). Чтобы повысить уровень унификации снарядов в боекомплекте, целесообразно начать разработку дальнобойного образца с разработки ДГГ, а потом дополнить снаряд ракетным двигателем для создания комбинированной двигательной установки (КДУ). Таким образом, одинаковая конструкция ДГГ будет как у осколочно-фугасного снаряда с максимально возможной массой РЗ, так и у дальнобойного снаряда с КДУ и уменьшенной массой РЗ.

Объектом исследования является дальнобойный артиллерийский снаряд, оснащённый твердотопливным ДГГ. Предметом исследования являются конструкция ДГГ и параметры его топливного заряда. Научная новизна исследования заключается в разработке методики обоснования марки топлива, формы топливного заряда и конструкции соплового блока ДГГ. Марка топлива и конструкция соплового блока определяются исходя из минимума силы аэродинамического сопротивления снаряда, определённой путём численного моделирования с учётом дожигания продуктов первичного сгорания топлива при заданном значении относительного расхода топлива $\bar{G}$. Форма заряда определяется исходя из соответствия закона его горения линейной зависимости, аппроксимирующей расход топлива, соответствующий заданному $\bar{G}$.

Рассмотрены следующие варианты: по топливу – смесевое топливо типа ПД-10 и баллиститное топливо; по конструкции – схема с выдувом через периферийные отверстия (схема «О») и через кольцевое сопло (схема «К»). Баллиститное топливо рассматривалось

ввиду его повышенных прочностных характеристик. Схема «О» теоретически считается более выгодной, так как позволяет заполнить продуктами сгорания бóльшую площадь поперечного сечения донного следа. Моделирование текучей среды осуществлялось путем численного решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS-метод). Принимались следующие основные допущения:

- все компоненты смеси являются идеальными газами;
- турбулентные течения описываются моделью *k-ω SST*;
- дожигание продуктов первичного сгорания топлива учитывается одностадийной необратимой брутто-реакцией по модели *Eddy Dissipation Model* (EDM, «модель распада вихря»).

В итоге была выбрана схема «О», которая по результатам численных экспериментов предоставляет возможность снизить полное аэродинамическое сопротивление снаряда на 28%...37% против 21%...25% у схемы «К». Показано, что смесевое топливо в обеих схемах снижает сопротивление на 1,5%...3,6% больше, чем баллиститное, при этом применение баллиститного топлива осложняется тем, что оно устойчиво горит при более высоких значениях давления в камере, чем смесевое.

Поскольку задано постоянное значение $\bar{G}$, для ДГГ потребовался заряд с дегрессивным законом горения [1]. Был выбран секторный заряд, так как он обладает наибольшим коэффициентом заполнения поперечного сечения камеры ДГГ и наилучшими условиями для сохранения прочности при выстреле по сравнению с альтернативными решениями. Альтернативами являлись заряд с горением по внешней поверхности и заряд с формой горящей поверхности по типу третьей стадии горения заряда со звездообразным каналом. Учитывая, что закон изменения площади горящей поверхности такого заряда является линейным, была проведена аппроксимация потребного значения площади горящей поверхности, определённого из условия постоянства $\bar{G}$, линейной функцией. Подбор геометрических характеристик секторного заряда ДГГ (число секторов, ширина щелей между секторами, длина заряда) осуществлялся из условия совпадения закона изменения площади горящей поверхности с аппроксимирующей линейной зависимостью.

Последним этапом в данной работе был проведен расчет максимальной дальности полёта снаряда с ДГГ при выстреле из современного дальнобойного орудия. Она составила порядка 39,9 км, что соответствует требованиям к современным снарядам с ДГГ.

Дальнейшим направлением исследований является разработка методического подхода к обоснованию технического облика дальнобойного снаряда с КДУ, в состав которой входит предложенный по результатам настоящего исследования ДГГ.

Список литературы

1. Смирнов В.Е., Никитина И.Е., Розанов Л.А. Основы проектирования активно-реактивных снарядов с прямоточным воздушно-реактивным двигателем на твердом топливе: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. 329 с.

УДК 623.4.082.5:623.522

ТЕОРЕТИЧЕСКИ-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СНАРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОТИВОДРОНОВОЙ РАКЕТЫ

Сударев И.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
ilja.sudareff@yandex.ru
Терехов И.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
tis2work@gmail.com
Научный руководитель: Дорошенко С.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Bronepoezd@guns.ru
Научный консультант: Розанов Л.А., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rozanov@bmstu.ru

В настоящее время имеет место острая необходимость в разработке средств поражения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов («дронов»), которые представляют серьёзную угрозу для военного и гражданского персонала и материальной части. Ввиду своей низкой себестоимости и малых размеров, дроны слабо уязвимы для традиционных средств ведения зенитного огня, которые при этом становятся экономически нецелесообразными. Решением этой проблемы может являться создание неуправляемой, то есть как можно более дешёвой, ракеты для защиты от дронов на расстоянии в несколько сотен метров, где обнаружение цели не представляет серьёзных сложностей.

Для неуправляемой ракеты потребуется боевое снаряжение, способное создавать осколочное поле заданной плотности, поскольку достичь прямого попадания будет практически невозможно. Очевидным вариантом является осколочно-пучковая боевая часть с зарядом бризантного взрывчатого вещества, осуществляющая метание взрывом, однако у него есть один существенный недостаток. Высокое давление продуктов детонации обеспечит не только метание поражающих элементов (ПЭ) в осевом направлении, но и дробление оболочки и разлёт её осколков с высокой скоростью в радиальном направлении, что, учитывая малую дальность применения ракеты в непосредственной близости от союзных сил, представляет большой риск нанесения потерь дружественным огнём.

Исходя из этих соображений, в настоящем исследовании рассмотрена боевая часть (БЧ), обеспечивающая осевой выброс ПЭ (шариков) за счёт ударного воздействия на них профилированного металлического поршня, разгоняемого пороховым зарядом. Особенностью данной БЧ является мембрана, которая обеспечивает заданное давление форсирования, что даёт возможность управлять скоростью поршня.

Для оптимизации параметров БЧ требуется проводить расчёты на математической модели, которая достаточно адекватно отражает реальность. Существующая математическая модель внутренней баллистики проверена для определённого диапазона соотношения масс заряда и снаряда [1], и параметры исследуемой БЧ находятся за его пределами. Поэтому была проведена экспериментальная проверка адекватности модели. Исследуемая матмодель внутренней баллистики представляет собой расчёт процесса, поделённый на два периода: до прорыва мембраны расчёт идёт при большом коэффициенте фиктивности массы снаряда и, по сути, моделирует манометрическую бомбу. Во втором периоде используется действительный коэффициент фиктивности массы.

В Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана был проведён ряд экспериментов на лабораторной баллистической установке кафедры СМ6. Сравнение с экспериментальными данными показало, что математическая модель не учитывает особенности воспламенения основного заряда, но хорошо описывает поведение кривой давления при прорыве мембраны –

расхождение в значениях давления на кривой после воспламенения пороха составляет не более 4%. Это позволяет проводить численные эксперименты в программном комплексе ANSYS AUTODYN при параметрах заряжания, полученных только по мат.модели, сократив число физических экспериментов.

Численные эксперименты в AUTODYN подтвердили гипотезу о возможности задания предсказуемого закона разлёта ПЭ за счёт профилирования поверхности поршня. Дальнейшим направлением исследований является повышение кинетической энергии ПЭ для нанесения гарантированного поражения малогабаритному дрону на заданном расстоянии, для чего будет использоваться оптимизация внутрибаллистического решения БЧ при помощи мат.модели, адекватность которой была экспериментально подтверждена в результате настоящей работы.

Список литературы

1. Внутренняя баллистика артиллерийского и стрелкового оружия / под ред. д.т.н., профессора Б.В. Орлова. М.: ЦНИИ Информации, 1975. 148 с.

СЕКЦИЯ «РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И МЕХАТРОНИКА»

УДК 62-529

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СОЧЛЕНЕНИЯ НИЗКОИНЕРЦИОННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ТРОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Газарян Г.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
georgegazaryan65@gmail.com
Научный руководитель: Ткаченко А.С., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Научный консультант: Рубцов В.И., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Подавляющее большинство современных манипуляторов имеют в своих сочленениях приводы, что значительно увеличивает нагрузку на двигатели в основании робота и снижает его быстродействие. Данного недостатка лишены манипуляторы, в которых моменты передаются на сочленения через тросы. Таким образом, можно снизить инерцию всего манипулятора за счет переноса приводов в его основание и облегчения конструкции. Однако это решение не является лучшим, потому что каркас робота должен иметь высокую продольную жесткость из-за стягивающих сил вследствие сильного натяжения тросов, что не позволит достаточно облегчить конструкцию. Именно поэтому предлагается использовать редукторы в виде системы блоков, скомпонованной внутри сочленения.

Применение системы блоков позволит получить выигрыш в силе, а также снизить натяжение тросов и, как следствие, уменьшить инерцию всего манипулятора. Благодаря простоте реализации системы блоков возможно получение недорогого изделия. Высокая адаптивность и вариативность прокладки тросов позволит создать малогабаритную конструкцию: трос легко протягивается через ограниченные по размеру участки, а ориентация шкивов выбирается произвольно в зависимости от компоновки. В свою очередь, использование малорастяжимых тросов из современных синтетических волокон, таких как Vectran или Dyneema DM20, обеспечивает высокую точность позиционирования привода.

Для разработки предложенной конструкции был проведен энергетический расчет, который включал в себя подбор двигателя, вычисление передаточного отношения редуктора и разбиение полученного передаточного числа по ступеням. По итогам данного расчета был выбран двигатель Maxon EC 45 flat (код 402687) мощностью 70 Вт и получено передаточное число 33, которое планируется реализовать с помощью системы блоков, ремённой передачи, а также за счёт разности радиусов центрального шкива и наматывающей катушки. Для точного распределения передаточного числа, были записаны зависимости длины вытягиваемого троса, передаточного отношения ременной передачи и скорости вращения катушки. Исходя из полученных функций, а также с учётом конструктивных ограничений, общее передаточное отношение 33 было реализовано путём его разбиения на три ступени: систему блоков (передаточное число 4), разность радиусов шкивов (2) и ременную передачу (4,125).

После определения необходимых параметров была эскизно разработана конструкция сочленения, обеспечивающая четырёхкратный выигрыш в силе. Она включает четыре двухканавочных шкива, установленных на главной оси сочленения, которые изменяют направление натяжения троса и обеспечивают его перевод на противоположную сторону звена. Трос проходит через четыре неподвижных шкива, установленных на одном звене, затем через центральные шкивы огибает четыре подвижных блока на другом звене и фиксируется на звене, расположенном ближе к основанию манипулятора. Абсолютно идентичный путь проходит трос с другой стороны сочленения.

Для проверки работоспособности всей конструкции была проведена симуляция в программном пакете MATLAB Simulink с использованием среды физического моделирования

Simscape и специализированной библиотеки Simscape Multibody, предназначенной для моделирования механических систем. Данная среда разработки учитывает все массо-центровочные характеристики тел и позволяет провести динамические испытания конструкции и системы управления. В результате проведённых тестов были получены значения скорости и ускорения сочленения, соответствующие ранее поставленным техническим требованиям.

Таким образом, проведённые исследования подтвердили целесообразность применения предложенного привода манипулятора. Использование тросов и системы блоков позволило реализовать компактную, точную и быстродействующую конструкцию. В дальнейшем предполагается развитие данной концепции с целью создания реабилитационного экзоскелета для верхних конечностей, поскольку предложенный механизм обеспечивает снижение нагрузки на части тела и повышает комфорт при ношении устройства.

Список литературы

1. Kim Y.-J. Design of low inertia manipulator with high stiffness and strength using tension amplifying mechanisms // Journal of Robotics Engineering. 2015. V. 15. № 3. Pp. 45–53.
2. Winter D.A., Yack H.J. Investigation of inertial properties of the human body // Journal of Biomechanics. 1987. V. 20. № 10. Pp. 1019–1026.
3. Xu Q., Li Z., Lia H., Yu X., Yang Y. ATDM: an anthropomorphic aerial tendon-driven manipulator with low-inertia and high-stiffness // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (Paris, 31 May - 04 June, 2020). Washington, D.C.: IEEE Computer Society Press. 2020. С. 126–135. DOI: 10.48550/arXiv.2405.04821.

УДК 681.5.013

СИНТЕЗ РОБАСТНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХЗВЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ПРИВОДОВ

Грезнев П.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
greznevp@gmail.com
Научный руководитель: Рубцов В.И., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Применение роботов-манипуляторов широко распространено в промышленности. При этом для математических моделей манипуляторов характерна нелинейность, многосвязность и параметрическая неопределенность. В данных условиях для достижения высокого качества управления объектами исследователи применяют методы робастного и адаптивного управления. В рамках данных подходов неопределенности модели оценивают с помощью наблюдателей возмущений [1] или механизмов адаптации [2]. Далее на основе этих оценок осуществляется компенсация неопределенностей за счет комбинированного управления. Однако методы робастного и адаптивного управления, как правило, затратны в плане вычислений. Они приводят к повышению динамического порядка замкнутой системы и появлению запаздывания при формировании управления.

Целью данной работы является разработка робастного алгоритма управления манипулятором не с компенсацией неопределенностей, а с их подавлением. Построенный закон управления позволит уменьшить количество вычислений в замкнутой системе и использовать относительно недорогие микроконтроллеры для его реализации.

В качестве объекта управления рассматривается двухзвенный плоскостной манипулятор с учетом динамики приводов. Динамика механической подсистемы манипулятора описывается уравнениями Эйлера-Лагранжа. В ней присутствуют параметрические неопределенности, связанные с неизвестными массо-габаритными характеристиками объекта,

а также внешние возмущения. Они полагаются ограниченными и могут описываться кусочно-гладкими функциями. В качестве приводов в электрической подсистеме используются двигатели постоянного тока (ДПТ). Их динамика описывается редуцированной математической моделью. Выходом объекта является вектор обобщенных координат манипулятора, управлением – напряжение якоря ДПТ. Для манипулятора ставится проблема синтеза управления в форме динамической обратной связи, которое обеспечит отслеживание обобщенными координатами эталонных траекторий. При этом эталонные траектории полагаются гладкими функциями времени с гладкими производными. Кроме того, для управления доступны измерения всех переменных состояния объекта. Задача управления рассматривается в детерминированной постановке (предполагается, что шумы измерений отсутствуют).

Для синтеза управления предложен блочный подход [3] и принцип декомпозиции. На первом этапе в механической подсистеме формируются желаемые обобщенные моменты (виртуальные управления), обеспечивающие стабилизацию ошибки слежения обобщенными координатами за эталонными траекториями. Закон виртуального управления моментами выбран в виде гладкого и ограниченного гиперболического тангенса. Это было сделано для того, чтобы избежать чрезмерного износа приводов, происходящего при задании негладких моментов. На втором этапе в электрической подсистеме синтезировано разрывное управляющее напряжение, предназначенное для стабилизации ошибки слежения реальных обобщенных моментов за сформированными на первом этапе виртуальными. Отметим, что выбор разрывного управления характерен для исполнительных устройств, работающих в ключевом режиме. С помощью второго метода Ляпунова доказана лемма о существовании значений коэффициентов регулятора, которые приводят к устойчивости замкнутой системы. При этом для реализации разработанного управления достаточно знать допустимые диапазоны изменения неопределенностей. Численное моделирование в Simulink подтвердило эффективность предложенного подхода.

Список литературы

1. Губайдуллин Ш.И. Синтез робастного управления роботом-манипулятором с наблюдателем возмущения // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодежная научная конференция, посвященная 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ, (Казань, 10–11 ноября 2021 года). Том III. Казань: ИП Сагиева А.Р. 2021. С. 416-420.
2. Глущенко А.И., Петров В.А., Ласточкин К.А. Адаптивное нейросетевое управление нелинейными объектами с дефицитом каналов управления на примере двухколесного балансирующего робота // Проблемы управления. 2021. № 5. С. 34-47.
3. Kochetkov S.A., Krasnova S.A., Antipov A.S. Cascade synthesis of electromechanical tracking systems with respect to restrictions on state variables // IFAC-PapersOnLine. 2017. V. 50 (1). Pp. 10142-10147. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1760

УДК 621.314.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУМОСТОВОЙ СХЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Попова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
popovaanna04@yandex.ru
Пылёв М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
matveypylev@yandex.ru
Старцев А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
starcev.2004@bk.ru
Научный руководитель: Малинский А.О., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные печатные платы требуют компактных решений для управления двигателями из-за роста числа компонентов, тепловыделения и стоимости. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска альтернатив традиционным схемам полного моста и схемы с однополярным управлением, которые имеют следующие недостатки: избыток компонентов (в схеме полного моста используется четыре транзистора [1]) или ограничение функциональности (с помощью однополярной схемы можно управлять двигателем только в одном направлении).

В данном исследовании предложена полумостовая схема управления двигателем постоянного тока и шаговым двигателем, использующая два N-канальных транзистора (VT1 и VT2) с ШИМ-управлением. Принцип работы схемы заключается в том, что VT1 управляется ШИМ-сигналом, а на VT2 подаётся его инвертированная версия. Когда на VT1 подаётся высокий уровень сигнала (единица ШИМ), транзистор открывается, и двигатель подключается к источнику питания положительной полярности и земле. Когда ШИМ-сигнал меняет своё состояние, VT1 закрывается, а VT2, получая инвертированный сигнал, открывается. Теперь двигатель подключается к источнику питания отрицательной полярности и земле. Фильтрацию высокочастотных помех, которые могут возникать при переключении транзисторов, выполняют конденсаторы.

Ключевым требованием к транзисторам является напряжение пробоя $U_{\text{пр}} \geq 2U_{\text{пит}}$. Проведенное сравнение со схемой полного моста демонстрирует преимущество полумоста: сокращение числа компонентов на 50% при сохранении функции реверса, однако напряжение на одном транзисторе в полумостовой схеме достигает $2U_{\text{пит}}$, что важно учитывать при выборе транзистора.

Кроме того, полумостовые схемы нуждаются в балансировке для поддержания средней точки близко к нулевому уровню. При разбалансировке плеч средняя точка с каждым циклом ШИМ всё больше отклоняется от положения равновесия, что в итоге может привести к выходу схемы из строя.

Управление полумостом реализуется через драйверы с ШИМ-сигналом или трансформаторной системой. Первый метод используется для быстрого переключения транзисторов, второй применим для двигателей с обмоточными нагрузками (шаговые, синхронные двигатели). В трансформаторном способе возможно создание замкнутого контура для повышения КПД и защиты от сквозных токов.

Питание полумостовой схемы требует биполярного источника напряжения. Для его получения используются либо два однополярных источника, либо инвертирующий преобразователь, формирующий отрицательное напряжение из положительного.

Отдельно учтена специфика работы с шаговыми двигателями [2]: для управления каждой обмоткой требуется свой отдельный полумост. Это обеспечивает возможность

точного фазового управления, необходимого для синхронного вращения и позиционирования ротора.

Проведенное исследование показало, что применение полумостовых схем оправдано в задачах, где критична компактность конструкции печатной платы и требуется минимизация потерь мощности. Выбор между полным мостом и полумостом зависит от конкретных требований проекта: полумост предпочтителен при необходимости высокой плотности компонентов и оптимизации теплового режима.

Список литературы

1. H-мост // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/H-мост (Дата обращения 20.04.2025).
2. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. 200 с.

УДК 629.7.017.25

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРИВОДОВ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

Рзянин И.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
rzjanin16@mail.ru
Научный руководитель: Романова-Большакова И.К., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные мультироторные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко применяются для выполнения таких задач, как мониторинг территории, инспектирование объектов, распознавание образов и передача информации. С внедрением БПЛА в воздушное пространство, возрастают требования к их надежности и безопасности. Сложные условия эксплуатации, ценность перевозимого груза и невозможность оперативного ремонта усиливают потребность в создании отказоустойчивых систем управления.

Целью исследования является разработка системы управления гексакоптером, способной сохранять работоспособность при полном отказе одного из приводов. Для достижения этой цели выполнены следующие задачи: 1) сравнительный анализ методов обнаружения неисправностей приводов; 2) разработка адаптивной системы управления, устойчивой к отказу одного из приводов; 3) проведение моделирования сценариев отказа привода во время полета.

В рамках сравнительного анализа существующих методов обнаружения неисправностей приводов мультикоптеров [1], были выбраны следующие критерии оценки: быстродействие, устойчивость к шумам, точность при нелинейности системы, простота реализации и настройки, вычислительная сложность. На основе этих критериев был выбран наблюдатель Txoy [2].

Для управления траекторией реализована каскадная структура с PD-регуляторами положения и PID-регуляторами ориентации. Расчет скоростей вращения пропеллеров выполняется при решении задачи оптимизации методом квадратичного программирования с учетом ограничений при обнаружении отказа.

Для возможности проведения синтеза системы управления и экспериментов с системой обнаружения неисправностей, их модель, а также динамическая модель гексакоптера, были составлены в MATLAB/Simulink.

В аналогичных работах [3] неисправность привода определяется с помощью анализа невязок производных углов, получаемых от наблюдателя Txoy. В данной работе предложен новый метод обнаружения неисправностей привода: анализ невязок угловых положений.

Проведены эксперименты, в ходе которых удалось составить таблицу соответствия значений невязок угловых положений и отказавших приводов. На основе этой таблицы была разработана и смоделирована система обнаружения неисправностей.

Проведенное моделирование сценариев отказа приводов показало, что разработанная система управления позволяет выполнять заданную траекторию при отказе одного из приводов. Минимальное время обнаружения отказа составило 0.06 секунд, максимальное – 0.12 секунд. Проведено моделирование влияния на систему турбулентных ветровых нагрузок, которое показало, что ложноположительные срабатывания системы обнаружения неисправностей отсутствуют, а время обнаружения неисправности не увеличивается.

Список литературы

1. Saied M., Shraim H., Francis C. A review on recent development of multirotor UAV fault-tolerant control systems // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2023. V. 39. № 9. Pp. 146-180.
2. Cen Z. Robust fault diagnosis for quadrotor UAVs using adaptive Thau observer // Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2014. V. 73. Pp. 573-588. DOI: 10.1007/s10846-013-9921-8.
3. Nguyen N.P., Xuan M.N., Hong S.K. Actuator fault detection and fault-tolerant control for hexacopter // Sensors. 2019. V. 19. № 21. DOI: 10.3390/s19214721.

УДК 621.383

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОПТРОНОВ. ИЗМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРАНЗИСТОРНОЙ ОПТОПАРЫ PC817

Топорец Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное Машиностроение»
daniil@toporets.ru
Научный руководитель: Малинский А.О., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное Машиностроение»

Оптроны (оптопары) — ключевые элементы гальванической развязки в электронных схемах [1].

PC817 — популярная транзисторная оптопара, применяемая в источниках питания, промышленной автоматике и цифровых интерфейсах [2].

Цель исследования - анализ динамических характеристик PC817 (время нарастания/спада, задержка передачи) при различных условиях работы [3].

Основным ограничивающим фактором во время работы в диапазоне 1-100кГц является медленное выключение оптопары, из-за паразитных емкостей на входе и выходе [1].

Методика исследования:

- Экспериментальная установка:
- Генератор сигналов (меандр) на входе;
- Измерение выходного сигнала осциллографом;
- Различные схемы подключения оптопары.

Измеряемые параметры:

- Время нарастания и спада;
- Задержка включения/выключения.

Результаты и анализ.

В ходе исследования, экспериментальным путем, были получены схемы подключения оптопары при частоте 100кГц с задержкой сигнала в 3 мкс, при коэффициенте заполнения 0,84. Такие схемы можно применять для гальванической развязки низкочастотных устройств.

Динамика PC817 существенно зависит от времени нарастания/спада;

- Ограничения: деградация светодиода при высоких значениях тока, температурная нестабильность.

Практические рекомендации:

- Не использовать системы моделирования по причине низкого соответствия результатов моделирования и экспериментальных данных.
- Не использовать оптопары для гальванической развязки каналов передачи данных, свыше 100кГц.
- Использовать шунтирующие резисторы и конденсаторы в схемах подключения оптопары.

Список литературы

1. Колпаков В.А. Исследование работы оптронов: метод. указания к лабораторной работе. Самара: Самар. гос. Аэрокосм. ун-т., 2004. 34 с.
2. Кузнецов Д.В., Сидоров А.В. Оптоэлектроника: учебно-методическое пособие для подготовки к лабораторным и практическим занятиям. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2020. 91 с.
3. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ: учебное пособие для вузов. М.: Высш. шк., 1987. 318 с.

УДК 628.83

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛИЦЫ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Файяд Жад, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Fayyadzh@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Малинский А.О, ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
Malinskii@bmstu.ru

Эффективное электроснабжение автоматизированных теплиц, расположенных в удалённых районах, является важной инженерной задачей, поскольку традиционное подключение к централизованным электросетям зачастую невозможно или экономически нецелесообразно. Использование солнечной энергии в качестве основного источника питания позволяет создать автономные и экологически безопасные решения для поддержания работы таких систем.

Целью данной работы является исследование и разработка оптимального способа электроснабжения автоматизированной системы вентиляции теплицы на основе солнечных панелей

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проведён расчёт суточного энергопотребления компонентов системы; выполнен подбор аккумуляторной батареи и солнечной панели с учётом условий эксплуатации; разработана электрическая схема питания, с использованием понижающего DC-DC преобразователя для согласования напряжений. В рамках исследования построена математическая модель схемы питания в среде Simulink. Для повышения эффективности использования солнечной энергии реализован алгоритм поиска точки максимальной мощности на основе метода инкрементальной проводимости (Incremental Conductance), что позволяет оптимизировать работу системы в условиях изменяющейся освещённости. Таким образом, работа направлена на обеспечение надёжного, автономного и эффективного энергоснабжения автоматизированной системы тепличной вентиляции.

Список литературы

1. Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю. Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности. Оренбург. URL: http://elib.osu.ru/handle/123456789/1548 (Дата обращения 25.03.2025).
2. Solar Delta SM 30-12 P. / Официальный сайт производителя. URL: https://www.delta-energy.ru (Дата обращения 25.03.2025).

СЕКЦИЯ «СТАРТОВЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ»

УДК 629.7.08

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Жарикова В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
zharikovavv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Матвеева О.П., д.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Перед заправкой баков ракет и разгонных блоков жидкими компонентами ракетного топлива выполняется одна из самых длительных при эксплуатации операций - температурная подготовка. Наибольшие проблемы имеются при охлаждении большого количества углеводородного горючего (УВГ) из-за значительного расхода ресурса и недостаточного уровня показателей безотказности отечественного компрессорно-холодильного оборудования, а также из-за его узкого типоразмерного ряда по холодопроизводительности.

Предложенные на данный момент решения имеют ряд недостатков: большие размеры систем, необходимость безвозвратного отвода значительных масс отработанных фаз теплоносителей, унос легких фракций топлива вместе с газом при барботировании, необходимость нейтрализации больших объемов жидких топлив из полостей теплообменников, а также длительность температурной подготовки.

В ракетной технике существует потребность создания достаточно компактной, удобной в эксплуатации и ремонте, безопасной и эффективной системы температурной подготовки ракетных топлив.

В рамках решения данной проблемы предлагается сформировать технический облик аммиачной парокомпрессионной холодильной установки (ПКХУ) и оценить ее возможные характеристики для проведения сравнительного анализа с другими вариантами температурной подготовки УВГ. Использование аммиака как хладагента, претерпевающего фазовые переходы в ходе циклического использования, позволяет использовать его исключительно высокую теплоту парообразования в сравнении с другими известными хладагентами. При внедрении в систему охлаждения УВГ такого эффективного фазового перехода можно уменьшить количество хладагента, циркулирующего в системе [1]. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике эксплуатации теплообменного оборудования находят большое применение пластинчатые теплообменники (ПТ). Малые внутренние рабочие объемы ПТ позволяют существенно сократить циркулирующие теплоносители и хладагенты, а также продукты, подлежащие нейтрализации. В связи с этим, в данной работе приводится оценка возможности применения компактных и эффективных ПТ для замкнутых контуров охлаждения различных ракетных горючих на основе расчетно-аналитического метода [2].

Наибольшая актуальность в совершенствовании технологий охлаждения относится к операции температурной подготовки ракетного топлива перед заправкой баков ракет космического назначения – серии «Ангара», «Союз-2» и перспективных «Союз-5». Для этих ракета-носителей за несколько часов требуется охладить сотни тонн топлива до -30°С.

Опираясь на оценки объема топлива и начальные температуры сред, выполнены расчеты характеристик пластинчатых испарителя и конденсатора (хладагент-аммиак), расчет цикла аммиака для ПКХУ, сформирован технический облик холодильной установки, включающий компрессоры высокой и низкой ступени, конденсатор и испаритель, регулирующие вентили и промежуточный сосуд со змеевиком, проведена оценка основных параметров компрессора и электродвигателя к нему. Далее по каталогам подобраны серийные компоненты ПКХУ (оба компрессора и другие составные части).

В результате расчетов установлено, что для температурной подготовки УВГ за 25 ч потребуется применение аммиачной ПКХУ с холодопроизводительностью 123 кВт, масса аммиака в которой составит около 300 кг. Выбранные по каталогу серийные составные части ПКХУ в значительной степени обуславливают большой объема циркулирующего в системе аммиака. В таких важных составляющих ПКХУ, как пластинчатые конденсатор и испаритель, содержится всего примерно 13 кг аммиака, его объем менее 0,02 $м^3$.

Полученные в работе результаты и сформулированное предложение по использованию ПТ в качестве аммиачных испарителя и конденсатора на стартовых ракетных комплексах при температурной подготовке УВГ являются перспективными. Дальнейшие расчеты и развитие предложения будут направлены на уменьшение объема аммиака в системе за счет собственного проектирования емкостного оборудования ПКХУ с потребными для задачи характеристиками. Но уже по результатам данного исследования можно сделать вывод, что использование ПТ в составе ПКХУ является действительно эффективным для охлаждения топлив, а использование фазового перехода аммиака позволяет максимально использовать потенциал этого хладагента, а также сократить его объем в установке.

Список литературы

1. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: справ. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1976. 206 с.
2. Иванов О.П., Дюндин В.А., Мамченко В.О. Пластинчатые теплообменные аппараты для холодильных машин. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1985. 41 с.

УДК 629.7

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЛУННОЙ БАЗЕ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Костромин Ю.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kostrominyuk@student.bmstu.ru,
Научный руководитель: Игрицкий В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Одним из перспективных направлений развития космонавтики является создания научно-технического задела для освоения Луны, включая отработку технологических операций, осуществляемых в процессе развертывания и эксплуатации перспективных лунных баз. В связи с внедрением на кафедре СМ8 МГТУ им. Н.Э. Баумана программно-аппаратных комплексов виртуальной реальности, в том числе программного комплекса (ПК) VRConcept, обеспечивающего возможность применения пользовательских 3D-моделей, для отработки технологических операций на поверхности Луны актуальным стало создание 3D-моделей реальных участков лунной поверхности.

Основной задачей исследования является анализ возможностей создания трехмерных моделей лунной поверхности с высоким разрешением не более 0,5–1 метра на пиксель для применения в целях отработки технологических операций на поверхности Луны при развертывании и эксплуатации перспективных лунных баз на основе использования метода фотограмметрии. Этот метод позволяет получить приемлемую точность модели поверхности на основе уже имеющихся данных в виде полученных космическими аппаратами снимков поверхности Луны в высоком разрешении [1, 2].

Отработка процессов создания 3D-модели лунной поверхности при помощи фотограмметрии и ее загрузки в среду ПК VRConcept проводилась с использованием снимков космического аппарата «Lunar Orbital 5» с 5150 по 5157, на которых были изображена

местность в районе кратера Коперник [3]. В результате 3D-модель местности с кратером была успешно создано и загружена в VRConcept, однако разрешение снимков порядка 20-25 метров на пиксель было слишком низким для использования при моделировании влияния рельефа на проведение технологических операций.

Несмотря на это, полученная модель подтвердила принципиальную возможность создания детализированных трёхмерных реконструкций лунной поверхности на основе фотограмметрической обработки снимков. Это позволило перейти к следующему этапу — разработке высокодетализированных моделей участков местности для использования при отработке технологических операций на поверхности Луны.

На последующем этапе работы был задействован каталог LROC (Lunar Reconnaissance Orbiter Camera). В рамках данного ресурса были получены снимки с разрешением от 0,5 метра на пиксель, на основе которых начата разработка 3D-моделей отдельных местностей, пригодных для использования в поставленных целях.

Проведённые тесты подтвердили возможность интеграции созданных моделей в программную среду «VR Concept» совместно с моделями перспективной лунной базы, что открывает возможность их практического применения при отработке технологических операций на поверхности Луны в виртуальной реальности, а также для использования их в образовательных целях.

Список литературы

1. Корнилов Ю.Н. Фотограмметрия: курс лекций / Кафедра инженерной геодезии. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова. СПб.: СПГГУ им. Г.В. Плеханова, 2006 год. 172 с.
2. Пирниязова Б., Эсенова А., Гараджаев Б., Оразова А. Прикладная фотограмметрия // Символ науки. 2024. № 3-1-1. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_62894463_47092263.pdf (Дата обращения 28.04.2025).
3. Lunar Orbiter Photo Gallery. URL: https://www.lpi.usra.edu/resources/lunarorbiter/mission/?5 (Дата обращения 28.04.2025).

УДК 629.7.085

ВРЕМЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КОСМИЧЕСКОЙ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ НА СТАРТОВОМ КОМПЛЕКСЕ БЕЗ ПОДАЧИ ВОЗДУХА

Максимов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
maksimovas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Кирьянова А.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Для космических аппаратов (КА) в составе космической головной части (КГЧ), размещенных под головным обтекателем (ГО), необходимо поддерживать температурный режим в период предстартовой подготовки вплоть до старта ракеты-носителя [1]. Решение поставленной задачи по термостатированию КА осуществляется при помощи воздушной системы обеспечения теплового режима, предусматривающей циркуляцию подогретого или охлажденного внутри ГО. На стартовом комплексе применяется комбинированная система термостатирования открытого типа с оборудованием для подачи воздуха требуемой температуры по подводимым к ракете коммуникациям и одновременном использовании тепловой изоляции.

При переключении с подвижной на стационарную систему термостатирования возможно нештатное прекращение подачи теплоносителя. В таком случае требуемая температура обеспечивается только за счет теплоизоляции в течение ограниченного времени. Таким образом, задача по определению расчетного времени поддержания температурного режима КГЧ в отсутствие подачи воздуха под ГО является актуальной.

В данной работе расчет проводится для перспективных ракет космического назначения (РКН) семейств типа «Союз» и «Ангара» с соответствующими вариантами организации теплоизоляции. Для РКН «Союз» термочехол из теплоизоляционного материала Пеноплекс размещается поверх ГО. В случае РКН «Ангара» теплоизоляционные маты из материала БТМ-1 укладываются под ГО и покрываются металлизированной пленкой с внутренней стороны.

Исследование гарантированного времени поддержания температуры КГЧ проводится в двух программных комплексах (ПК): методом последовательных приближений в ПК «Excel» и численным методом в ПК «COMSOL MMultiphysics». В основе расчета лежит уравнение нестационарного теплообмена [2]. В качестве исходных данных заданы температура поддержания КА (20 ± 3) °С и температура окружающей среды от минус 40 до плюс 40°С.

Расчет теплового потока в ПК «Excel», проходящего через стенку КГЧ к КА, осуществляется в соответствии с последовательностью [3] путем приращений. Выходным параметром для каждого последующего шага является температура воздуха в зазоре, которая подставляется в исходные данные для расчёта температур поверхностей стенок конструкций в составе КГЧ.

Моделирование в ПК «COMSOL Multiphysics» проводится для четверти модели с целью сокращения вычислительных процедур. В качестве граничных условий первого рода заданы температуры стенок КГЧ и КА, второго – плотность теплового потока солнечной радиации, для задания граничных условий третьего рода введены коэффициенты теплоотдачи конвекцией и излучением на поверхностях стенок КГЧ и КА. Допущениями при формировании расчетной модели является представление ГО в виде тонкостенного цилиндра, КА – тела с эквивалентной теплоемкостью под алюминиевой оболочкой.

Получены результаты изменения температуры от времени на поверхности КА для летнего и зимнего режимов эксплуатации. В ПК «COMSOL Multiphysics» получены поля распределения температур на стенке КГЧ и воздушной среды в зазоре при достижении предельно допустимой температуры поверхности КА.

Время поддержания температурного режима КА РКН на стартовом комплексе без подачи воздуха при использовании термочехла из Пеноплекса поверх ГО составит в зимних условиях – порядка 22 минут, в летних – 8 минут, в случае размещения теплоизоляции БТМ-1 под ГО в зимних условиях – порядка 23 минут, в летних – 18 минут, соответственно.

Установлено, что максимальная относительная погрешность результатов расчета в различных ПК составит 10 %, что указывает на сходимость рассматриваемых методов. Представленная методика расчета может быть использована при выборе оптимального варианта пассивного термостатирования. Показано, что теплоизоляцией, при которой предельно допустимая температура на поверхности КА достигается за большее время, является укладка БТМ-1 под ГО.

Список литературы

1. Воронин Е.А., Иваненко Ю.М., Китаев А.И., Леденейкин С.В., Солунин В.С., Филатов С.А. Патент RU 2 661 270 C1. Заявл. 29.06.2017. Опубл. 13.07.2018. Бюл. № 20.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов. / Издание третье, переработанное и дополненное. М.: Энергия, 1975. 75 с.
3. Игрицкий В.А., Пучков В.М., Чугунков В.В. Тепломассоперенос в системах и элементах конструкций стартового оборудования: методические указания. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 16 с.

УДК 629.7.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАБИН ПОВЫШЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ В СИСТЕМАХ ПОСАДКИ И ЭВАКУАЦИИ КОСМОНАВТОВ

Шиловская Д.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
shilovskayadd@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Игрицкий В.А., к.т.н. , доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

При создании перспективных космических ракетных комплексов (КРК), обеспечивающих пилотируемые запуски возникает вопрос обеспечения безопасной посадки космонавтов пилотируемых транспортных кораблей, а также эвакуации космонавтов и помогающего им персонала в случае аварийного пролива ракетного топлива. В некоторых из ранее предлагавшихся вариантах систем посадки и эвакуации используются кабины для эвакуации космонавтов и помогающего им персонала [1, 2], обеспечивающие, в отличие от большинства других вариантов таких систем, эвакуацию раненых и находящихся в бессознательном состоянии людей. При этом использование кабин, обладающих определенной защищенностью от факторов возможного взрыва, позволяет сократить требующееся расстояние эвакуации для обеспечения безопасности эвакуируемых и улучшить показатели безопасности процесса посадки космонавтов.

В докладе рассматривается возможность применения кабин с повышенной, по сравнению с предложенным в [1], значением защищенности с целью обеспечения безопасной посадки и эвакуации, что позволяет дополнительно сократить необходимые расстояние и время такой эвакуации. При этом значения допустимого давления во фронте ударной волны определялись исходя из наличия производимых в России защитно-герметических дверей, обеспечивающих соответствующую защищенность. Оценка максимальной энергии взрыва проводилась для случая возможного взрыва при проливе горючего из наиболее опасного бака ракеты-носителя по рекомендациям, представленным в [3], для ряда отечественных КРК. Кроме того, для каждого из этих КРК была получена зависимость влияния безопасного расстояния эвакуации от защищенности кабины с использованием зависимости Садовского. По результатам расчетов для различных КРК при защищенности 0,3 МПа безопасные расстояния эвакуации составляют – 60…96 м, а при защищенности 0,1 МПа – 96…155 м.

Анализ результатов проведенного расчета показал, что применение кабин с защищенностью 0,3 МПа существенно уменьшает расстояние и время эвакуации, требующееся для обеспечения безопасности эвакуируемых, и может быть рациональным. При этом, дальнейшее повышение защищенности кабины слабее влияет на безопасные расстояние эвакуации, затрудняет быстрое закрывание дверей и приводит к резкому увеличению массы эвакуационной кабины.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что использование систем посадки и эвакуации космонавтов с кабинами повышенной защищенности принципиально позволяет существенно улучшить характеристики систем посадки и эвакуации космонавтов.

Список литературы

1. Плотников В.В., Украинский А.Ю., Скоринов А.А., Дворянинов А.А., Рыжов А.И. Система экстренной эвакуации космонавтов при возникновении аварийной ситуации во время их посадки в космический корабль. Пат. № RU 2671439 C1 Российская Федерация. Заявл. 29.12.2017. Опубл. 31.10.2018. Бюл. № 31. 11 с.
2. Игрицкий В.А. Анализ возможностей создания беспересадочных систем экстренной эвакуации с высотных агрегатов стартовых комплексов ракет космического назначения // Инженерный журнал: наука и инновации. 2022. В. 4. DOI: 10.18698/2308-6033- 2022-4-2173.
3. Бармин И.В. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: инженерное пособие. Кн. 1. М.: Полиграфикс РПК, 2005. 416 с.

СЕКЦИЯ «РАЗРАБОТКА КОЛЕСНЫХ МАШИН»

УДК 629.016

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕХАТРОННОЙ ТРАНСМИССИИ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Абоян Г.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
aboyan@bmstu.ru
Научный руководитель: Косолапов А.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Исследование акустических характеристик на этапе проектирования необходимо для исключения из конструкции технических решений, приводящих к повышению шума, до производства опытной партии и снижения затрат на разработку изделия, а также испытания опытных образцов. Настоящий труд посвящен исследованию акустических свойств мехатронных трансмиссий (МХТ) на начальных этапах проектирования.

Объектом исследования является управляемая МХТ грузового автомобиля с нагрузкой на ось 10 тонн. Основным элементом исследуемой трансмиссии является картер, в котором установлен тяговый электродвигатель (ТЭД), двухступенчатый планетарный редуктор и межколесный дифференциал. Шумы, производимые МХТ в процессе эксплуатации, в основном, имеют механическую или электромагнитную природу [1]. Основными источниками механической колебательной энергии трансмиссий являются зубчатые зацепления. Колебания сил в зацеплениях переходят в колебания картера, контактирующего с окружающей средой [2, 3]. Источниками электромагнитного шума МХТ являются ТЭД. Далее рассмотрим анализ основной, т.е. механической составляющей шума МХТ.

На первом этапе исследования был определен расчетный нагрузочный режим трансмиссии на основе вероятности его реализации и передаваемой полезной нагрузки. Выполнено расчетное исследование жесткостей подшипниковых опор и зубчатых зацеплений МХТ для заданного нагрузочного режима. Выполнены расчеты спектров возбуждающих сил в зубчатых зацеплениях трансмиссии.

На втором этапе исследования была разработана конечно-элементная модель (КЭМ) управляемой МХТ в сборе с учетом внешних ограничений в виде упрощенных моделей упругих элементов подвески автомобиля и упругих пневматических шин. В состав разработанной КЭМ входят упрощенные модели упругих подшипниковых опор и зубчатых зацеплений. Выполнен расчет методом конечных элементов (МКЭ) собственных частот и форм колебаний объекта исследования. Выполнены расчеты МКЭ отклика конструкции на гармоническое возбуждение в виде суперпозиции собственных форм колебаний. В каждом планетарном ряду редуктора выделены две группы зубчатых зацеплений: первая – зацепления солнечного колеса с сателлитами и вторая – зацепления сателлитов с эпициклом. Расчеты гармонического отклика выполнялись независимо для каждой группы зацеплений. Для каждого зубчатого зацепления гармоническое возбуждение задавалось в виде двух сил, амплитуды которых равны амплитуде возбуждающей силы гармоники первого порядка, приложенных в точке контакта. В результате расчетов МКЭ были получены распределения виброскоростей по излучающим поверхностям картера исследуемой МХТ. Отклик конструкции на возбуждение гармоник второго и более порядков рассчитывался с помощью весовых коэффициентов k_n, где индекс n – порядок гармоники возбуждения. Весовые коэффициенты определялись как отношение амплитуды возбуждающей силы F_n, к амплитуде возбуждения гармоники первого порядка. Частота возбуждения зацеплений планетарного ряда рассчитывалась по формуле (1).

$$f_{in} = n \cdot z_{\text{сш}} \cdot (f_{\text{сш}} - f_{\text{в}}), [\text{Гц}], \quad (1)$$

де i – номер планетарного ряда трансмиссии; n – порядок гармоники; $z_{\text{сш}}$ – число зубьев солнечной шестерни; $f_{\text{сш}}$, [Гц] – частота вращения солнечной шестерни; $f_{\text{в}}$, [Гц] – частота вращения водила планетарного ряда.

Завершающим этапом исследования была обработка полученных результатов. С применением зависимости (2)**Ошибка! Источник ссылки не найден.** рассчитывалась интенсивность звука.

$$I = \frac{v^2 \rho c}{2}, \ [\text{В т/м}^2] \tag{2}$$

где ρ – плотность окружающей среды (воздуха); c – скорость звука в окружающей среде.

Мощность излучения рассчитывалась путем интегрирования интенсивности звука по площади излучающих поверхностей S по формуле (3).

$$P = \int_S I \, dS, \ [\text{Вт}] \tag{3}$$

В соответствии с выражением (4) рассчитана интегральная характеристика звуковой мощности управляемой мехатронной трансмиссии.

$$P_{\sum} = \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} \sum_{r=1}^{n} k_{ijr} P_{ijr} \tag{4}$$

где i – номер планетарного ряда трансмиссии; j – номер группы зацеплений i-го планетарного ряда; r – порядок гармоники j-й группы i-го ряда.

В результате исследования выполнен комплексный анализ акустических характеристик управляемой МХТ на начальном этапе проектирования. Получены характеристики мощности излучения исследуемой трансмиссии. С применением диаграмм распределения виброскоростей локализованы наиболее акустически-активные излучающие поверхности конструкции. Синтезирован звук, излучаемый управляемой МХТ. Данный подход необходим для снижения шума мехатронных трансмиссий, а также снижения затрат на разработку и испытания мехатронных трансмиссий.

Список литературы

1. Жеглов Л.Ф. Виброакустика колесных машин: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 170 с.
2. Трусевич И.А. Прогнозирование и снижение виброакустической нагруженности трансмиссии колесной машины на основе совершенствования ее модальных свойств.: дис. канд. техн. наук: 05.05.03. Екатеринбург: ИМАШ УрО РАН, 2021. 287 с.
3. Тараторкин А.И. Научные методы снижения динамической и виброакустической нагруженности силовых передач колесных и гусеничных машин путем вариации модальных свойств машин.: дис. д-р. техн. наук: 05.05.03. Екатеринбург: ИМАШ УрО РАН, 2021. 371 с.

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

УДК 004.65

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА АКТИВНЫХ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗОН ПОКРЫТИЯ В MICROSOFT ACCESS

Григорьев П.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
petr.peter03@yandex.ru
Скоморохов Е.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
egorskomorokhov7777@gmail.com
Шайда И.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
ivanschaida@yandex.ru
Научный руководитель: Васильева Т.В., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные телекоммуникационные системы в значительной степени зависят от геостационарных спутников связи, которые обеспечивают широкий спектр услуг: от телевещания и интернет-связи до военных и правительственных коммуникаций. По данным из открытых источников, на орбите находится более 300 активных геостационарных спутников связи, принадлежащих различным странам и коммерческим операторам [1]. Управление такой распределённой инфраструктурой требует эффективных инструментов учёта и анализа. Существующие коммерческие решения обладают высокой стоимостью и избыточной функциональностью для базового мониторинга. В то же время ведение учёта в электронных таблицах Excel не обеспечивает необходимой структуризации данных, возможностей аналитики и визуализации. Разрабатываемая информационно-аналитическая система на платформе Microsoft Access призвана заполнить эту нишу, предлагая: централизованное хранение данных о спутниках; графическое представление зон покрытия; инструменты для статистического анализа; удобный механизм поиска и фильтрации.

Предметная область [2]. Параметры геостационарной орбиты: высота – 35786 км над экватором Земли; период обращения – 24 часа. Применение: ТВ-вещание и интернет, метеорология, навигация, военные задачи. Причины выбора геостационарной орбиты: стабильность – антенны на Земле не требуют перенастройки, так как спутник всегда в зоне видимости; широкое покрытие – один спутник имеет возможность обслуживать до 40% поверхности Земли.

Цель работы – создание системы для учёта и анализа активных геостационарных спутников связи.

Первая задача заключалась в разработке структуры базы данных [3]. Были реализованы таблицы с информацией о спутниках, включающие в себя основную информацию о спутниках и зонах покрытия, запросы с фильтрацией и сортировкой информации, пользовательские формы для удобного ввода и редактирования данных. Перечень таблиц: «Спутники» - основные параметры; «Характеристики спутников» - технические данные; «Зоны» - связь иллюстраций зон покрытия с регионами и типами связи.

Вторая задача включала в себя интегрирование иллюстраций зон покрытия спутников в базу данных для наглядного отображения их рабочей области. В системе было обработано более 5500 зон покрытия спутников.

Третья задача была в создании аналитического модуля, включающего в себя статистику по регионам покрытия, используемым ракетам-носителям, срокам активной службы спутников с выводом данных в виде отчётов и диаграмм.

Четвертая задача заключалась в визуализации данных и оптимизации поиска спутников. Проработаны запросы для фильтрации и сортировки информации. Создан интуитивно понятный интерфейс с возможностью оптимизированного поиска, просмотра и редактирования информации.

Дальнейшие перспективы работы: внедрение динамических карт для интерактивного просмотра зон покрытия; повышение детализации зон покрытия; расширение системы, за счет включения спутников связи с других орбит; разработка программного обеспечения.

Работа подтвердила, что использование Microsoft Access позволяет создавать эффективные инструменты для управления космическими данными. На сегодняшний день система позволяет сократить время поиска спутников на 80% по сравнению с аналогичным поиском в электронных таблицах Excel. Создан инструмент, который не только решает текущие задачи телекоммуникационной отрасли, но и открывает пути для инноваций в области анализа спутниковых ресурсов.

Список литературы

1. GEOSTATIONARY SATELLITES. // n2yo. URL: https://www.n2yo.com/satellites/?c=10 (Дата обращения 22.04.2025).
2. Геостационарная орбита. // ГЛОНАСС Глобал. URL: https://glonass-global.ru/glossary/geostationary-orbit/ (Дата обращения 22.04.2025).
3. Ковалева М.А. К 56 Создание баз данных в Microsoft Access: учебно-методическое пособие. М.: Мир науки, 2019. URL: https://izd-mn.com/PDF/35MNNPU19.pdf (Дата обращения 22.04.2025).

УДК 621.763

FDM-ПЕЧАТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ СОЗДАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Гусакова В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
gusakova.varya@list.ru
Научный руководитель: Галиновский А.Л., д.п.н., д.т.н., зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные задачи ракетно-космической отрасли требуют внедрения инновационных технологий, способных обеспечить качество изделий, высокую производительность и низкую стоимость производства. Технология FDM-печати (Fused Deposition Modeling), основанная на послойном наплавлении термопластиков, позволяет создавать рациональные и технологичные конструкции, которые могут применяться на разных этапах разработки изделий в ракетно-космической отрасли.

Сегодня одним из самых широко распространенных примеров использования FDM-печати в ракетно-космической отрасли является изготовление макетов составных частей космических аппаратов. Любое изделие проходит ряд испытаний перед вводом в эксплуатацию. Для исключения риска повреждения дорогостоящих составных частей на испытаниях, разрабатывают специальные макеты для каждого вида испытаний (вибродинамические, тепловые, электрические, технологические и т.д.). Их конструкция должна быть простой, легко адаптируемой под разные испытания и, желательно, многофункциональной.

Методика проектирования вибродинамических макетов с применением FDM-печати включает в себя несколько этапов. На первом этапе проектирования создаются детали, необходимые для монтажа макета к силовой конструкции, представляющие из себя опорные плиты и основания с монтажными отверстиями. Здесь необходимо детально повторить

механический интерфейс объекта макетирования (размеры, форму, расположение монтажных отверстий, материал и качественные параметры установочной плоскости). Далее проектируют корпусные детали макета, которые должны повторять габаритные размеры и форму реального объекта. Такие детали зачастую имеют сложную форму, поэтому наиболее рациональным и дешевым способом их производства является FDM-печать. Использование этой технологии помогает не только ускорить и удешевить производство, но и расширить практическую применяемость макета, сделать его гибридным. Например, включить в состав конструкции имитаторы соединителей бортовой кабельной сети, что позволит использовать макет не только для вибродинамических испытаний, но и для отработки прокладывания трасс бортовой кабельной сети. Для точного соответствия массо-центровочных характеристик макета реальному объекту в его конструкции предусматриваются регулируемые утяжелители (стержни, пластины) с возможностью добавления дополнительных элементов под разные сценарии испытаний. Таким образом обеспечивается модульность макета - в случае изменения условий эксплуатации или конфигурации реального изделия (объекта макетирования), конструкция макета быстро «подгоняется» под требуемые параметры.

Еще одним полезным применением FDM-печати в аэрокосмической отрасли является производство съемных технологических элементов из TPU-пластика (термопластичного полиуретана) или TPE-пластика (термопластичного эластомера). К съемным технологическим элементам относятся кожухи, защитные крышки, колпачки и другие элементы, необходимые для предохранения элементов конструкции от повреждения во время сборки, испытаний и транспортировки изделия. Производить такие элементы из гибких резиноподобных пластиков рационально сразу по ряду причин. Кроме низкой стоимости и простоты производства методом FDM-печати, эти материалы обеспечивают высокую ударопрочность и долговечность. Эластичность и гибкость получаемых деталей обеспечивает простоту их установки и демонтажа, что ускоряет процесс подготовки изделия к испытаниям и транспортировке. Кроме того, для FDM-печати съемных технологических элементов применяют пластики ярких цветов – это снижает риск пропуска какого-либо из них при подготовке аппарата к полету.

Развитие аддитивных технологий является значимым фактором в решении вопросов обеспечения конкурентоспособности наукоемкой продукции предприятий авиа- и ракетостроения [1]. Перспективы их применения включают не только изготовление прототипов и макетов, но и производство функциональных компонентов, таких как элементы корпусов, крепежные детали и даже составные части двигательных установок. Однако для полноценного использования FDM-печати в критически важных узлах необходимо разработать методику моделирования механических свойств материалов, используемых в 3D-печати. Это позволит проводить точные расчеты на прочность в различных программных комплексах, учитывая анизотропию свойств напечатанных деталей и их поведение под нагрузкой. Такая методика станет ключевым инструментом для обеспечения надежности и безопасности изделий, созданных с использованием аддитивных технологий.

Список литературы

1. Коберник Н.В., Филимонов А.С., Галиновский А.Л., Голубев Е.С. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебное пособие / 1-е изд. Москва: Юрайт, 2020. 115 с.

УДК 67.02

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ АКТИВНОГО ТИПА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ОТ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Жилин Е.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
jilinegor@yandex.ru
Ермакович Н.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
nik.yermakovich@mail.ru
Научный руководитель: Колпаков В.И., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Количество космического мусора растет с каждым годом и согласно известным прогнозам будет увеличиваться и в будущем [1, 2]. В связи с этим остро стоит вопрос повышения надежности защиты космических аппаратов от воздействия частиц космического мусора.

Как показано в [2], высокую эффективность показывают защитные экраны с внедренными активными элементами. В этом случае за счет сгорания материала экрана его защитные свойства могут кратно расти по сравнению с аналогичными по массе защитными экранами без активных элементов. Поэтому перспективным представляется разработка таких экранов на основе композитных материалов. А разработка технологии производства подобных конструкций явилась предметом представленного исследования.

Для изготовления заданной конструкции был использован ряд методов, позволивших обеспечить широкую вариативность применяемых материалов и конструкторских решений. Был выбран метод вакуумной инфузии, как наиболее эффективный метод для изготовления представленной конструкции, отличающийся относительной простотой и дешевизной производства. При этом пропитка ткани совместно с внедряемыми элементами позволила обеспечить однородность физико-механических свойств конструкции. Кроме того, применение низкотемпературных связующих позволяет в перспективе использовать более широкий перечень как альтернативных составов активных элементов, так и применить иные ткани без принципиального изменения технологического процесса. Для задания структуры была применена сетка с размером ячейки примерно равным целевому размеру активного элемента (1 мм). Возможность аддитивного изготовления сетки с требуемыми параметрами позволяет варьировать расположение элементов в широком диапазоне. Поверхность, на которую укладываются сферы, обрабатывалась эпоксидным клеем, растворяющимся в связующем, что позволило фиксировать элементы без влияния на качество готового изделия. Для более надежной фиксации и прижима сетки использовалась фиксация магнитными прижимами. Это позволило улучшить равномерность укладки элементов. При распределении элементов посредством сетки к изделию прикладывалось вибрационное воздействие, что также улучшило итоговую структуру конструкции. Для более равномерной пропитки и недопущения вымывания элементов применен метод двойного вакуумного мешка [3].

В итоге изготовлен образец из углепластика с внедренными стеклянными элементами в виде сфер в качестве имитатора. Элементы укладывались по сетке, расстояние между ними составило ~0.6 мм, а направление основы слоев ткани с целью уменьшения коробления образца было выбрано 0-90. На заключительной стадии выполнен рентген-контроль образца. Несмотря на выявленные дефекты в структуре расположения внедренных элементов технология показала свою эффективность.

Выражаем особую благодарность ПАО РКК «Энергия» за содействие в проведении практических исследований и предоставление необходимых оборудования и материалов.

Список литературы
1. Назаренко А.И. Моделирование космического мусора. Серия «Механика, управление и информатика». М.: ИКИ РАН, 2013. 216 с.
2. Колпаков В.И., Фёдоров С.В., Виноградова Е.П. Анализ стойкости защитных конструкций космических аппаратов к высокоскоростному воздействию алюминиевых частиц орбитального мусора // Инженерный журнал: наука и инновации. 2024. № 3 (147). URL: https://engjournal.bmstu.ru/catalog/arse/dcpa/2344.html (Дата обращения 09.04.2025).
3. Хрульков А.В., Донецкий К.И., Усачева М.Н., Горянский А.Н. Методы инфузии для изготовления полимерных композиционных материалов (обзор). В двух частях. ЧАСТЬ 2 // Труды ВИАМ. 2022. №7 (113). С. 50-62.

УДК 621.7.043

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПАКЕТНОЙ ШТАМПОВКИ КОНУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ДИСКОВЫХ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

Козлов М.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
kozlovmk@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Баскаков В.Д., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
baskakov_vd@bmstu.ru

Пакетная штамповка является перспективной технологией для изготовления корпусных деталей электрических соединителей из пластичных алюминиевых сплавов в условиях повышенной серийности производства. В процессе ее реализации пакет одинаковых дисковых заготовок устанавливается на лицевую поверхность матрицы, центрируется по ее внутренней поверхности и деформируется пуансоном с плоским торцом [1]. Отштампованная заготовка, прилегающая к рабочей поверхности матрицы, извлекается, пакет заготовок со стороны пуансона дополняется новой дисковой заготовкой, и процесс деформирования повторяется. Помимо обеспечения повышенной серийности производства, пакетная штамповка улучшает параметры напряженно-деформированного состояния заготовки и, в отличие от классической штамповки в инструментальном штампе, обеспечивает ее целостность [2].

Цель работы – изучить влияния высоты пакета заготовок и их толщины на параметры напряженно-деформированного состояния. Исследование проводилось на основе анализа результатов расчетов процесса деформирования пакетов заготовок в программном комплексе QForm 3D [3].

Исследование выполнялось для двух пакетов заготовок. Форма штампуемой детали – конус с углом раствора 80° и закруглением радиусом 4,5 мм в вершине. Диаметр заготовок – 40 мм, их материал - алюминиевый сплав АМг3. В первом пакете - 10 заготовок толщиной по 1 мм, а во втором – 5 заготовок толщиной по 2 мм. В программе GMSH, входящей в комплекс ONELAB, создана гексаэдральная сетка, с максимальным размером конечного элемента 1,5. Трения между заготовками не учитывалось, а между заготовками и оснасткой применялась модель трения «сталь по стали без смазки» с коэффициентом трения, равным 0,3 и коэффициентом теплопередачи 3000 Вт/м^{2}К.

В CAD-системе была спроектирована технологическая оснастка для гидравлического пресса. Она изготовлена из инструментальной штамповой стали 4Х5МФ1С.

Проведенные предварительные расчеты показали, что для обеспечения штамповки без передавливания заготовки в пакете из 10 заготовок ход пуансона составил 8,3 мм, а в пакете из 5 заготовок – 8,75 мм.

Расчетами установлено, что для получения первой отштампованной детали в пакете из 10 заготовок требуется сила, равная 165900 Н, а в пакете из 5 заготовок – 231000 Н. Сначала сила, действующая на пуансон во время штамповки, в начальной ее стадии растет медленнее, чем в завершающей стадии.

Проанализирована интенсивность напряжений в разных точках заготовок. Установлено, что в наибольшей степени напряженной является коническая часть заготовки, прилегающая к матрице. Максимальная интенсивность напряжений составила около 240000 и 230000 Па для пакетов из 10 и 5 заготовок соответственно. Показано также, что на оси заготовок, которые прилегают к рабочей поверхности матрицы, интенсивность напряжений сначала увеличивается, а затем снижается по мере формирования закругления в вершине конуса. При этом, в крайней области у этих заготовок интенсивность напряжений постоянно нарастает с понижением скорости. В целом, интенсивность напряжения не превышает предела прочности материала заготовок. Заготовки, прилегающие к пуансону, имеют низкий уровень интенсивности напряжений, уменьшающийся от краев к центру. При этом, в начальных стадиях штамповки интенсивность напряжений, наоборот, больше в центре, чем на краях заготовок.

В целом, результаты расчетов показали, что целостность штампуемых деталей обеспечивается в обоих пакетов заготовок. Принципиальных отличий в поведении анализируемых пакетов заготовок не выявлено.

Список литературы

1. Сизов Е.С., Бабурин М.А., Сизова К.Г. Интенсификация вытяжного производства полых деталей листового металла / Е. С. Сизов, М. А. Бабурин, К. Г. Сизова и др. Пермь: Западно-Уральское отделение Академии естественных наук Российской Федерации, 1995. 239 с.
2. Фонарев Д.А., Баскаков В.Д., Бабурин М.А., Зарубина О.В., Тарасов В.А. Анализ напряженно-деформированного состояния тонкостенных корпусов соединителей при их изготовлении пластическим деформированием листового металла // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023. № 11 (764). С. 83-91.
3. Власов А.В., Стебунов С.А., Евсюков С.А. Конечно-элементное моделирование технологических процессов ковки и объемной штамповки: учебное пособие / А. В. Власов, С. А. Стебунов, С. А. Евсюков и др. Москва: МГТУ им. Баумана, 2019. 384 с.

УДК 621.91.02

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЛНИСТОЙ ФОРМЫ КРОМКИ ОТРЕЗНЫХ АБРАЗИВНЫХ ДИСКОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Музафарова А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
muzafarovaad@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Галиновский А.Л., д.п.н., д.т.н., зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Эффективность процессов механической обработки материалов, таких как резание, является одной из ключевых задач современной промышленности. Одним из важных факторов, влияющих на качество и производительность при использовании отрезных абразивных дисков (ОАД), является форма их рабочей поверхности. В частности, особое внимание привлекает исследование сегментных форм кромок диска, поскольку они могут оказывать значительное влияние на процесс резания.

Сегментные формы кромок позволяют изменять распределение нагрузки на диск, снижать износ инструмента и улучшать качество реза. Однако до сих пор остаются

нерешенными вопросы о том, каким образом именно эти особенности влияют на общую эффективность процесса резания.

С целью оценки влияния сегментной формы на эффективность резания было проведено исследование по разработке ОАД с волнистой кромкой. В связи с этим была разработана технология производства собственных дисков с волнистой кромкой, а также предложена гипотеза, что синусоидальная форма диска, схожая с формой зубчатых фрез, позволит достичь большей скорости резания, более гладкой поверхности после обработки и меньшего износа инструмента [1].

Для более точной оценки влияния волнистой формы кромки на эффективность процесса резания была проведена серия экспериментов с различными типами дисков. За основу взят натурный эксперимент по разрезанию прямоугольного образца [2]. Результаты показали, что при использовании волнистых кромок:

— Увеличивается скорость резания на 5-15% в сравнении с традиционными дисками с прямыми кромками;

— Качество реза улучшается, проявляя меньше заусенцев и микротрещин;

— Износ дисков с волнистой кромкой происходит медленнее, что увеличивает их срок службы на 20-30%;

— Температурный режим в рабочей зоне остается на более низком уровне, что позволяет избежать перегрева и повреждения материала;

Для придания заготовкам волнистой формы кромки и оформления посадочного отверстия использовался станок для гидроабразивной резки.

Проведение натурного эксперимента с дисками круглой и синусоидальной формы позволило подтвердить выдвинутые ранее предположения. Кроме того, проведенные исследования и эксперименты показали, что волнистая форма кромки обладает рядом преимуществ, которые могут быть использованы для повышения производительности и долговечности абразивных дисков. Также было доказано статистически значимое влияние волнистой кромки на скорость резания, износ дисков и температурный режим.

Список литературы

1. Музафарова А.Д. Влияние геометрических параметров поверхности отрезных абразивных дисков на эффективность процесса резания. // Всероссийская студенческая конференция «Студенческая научная весна», посвященная 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея (Москва, 01-30 апреля 2024 года): сборник тезисов докладов / Министерство науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: ООО «Издательский дом «Научная библиотека», 2024. С. 559-560.

2. Мартысюк Д.А., Каткова Е.Д., Музафарова А.Д., Михайлов А.А. Разработка методов анализа эксплуатационных свойств отрезных абразивных дисков. // Труды XVI общероссийской молодёжной научно-технической конференции, приуроченной к 90-летию Юрия Алексеевича Гагарина, летчика-космонавта СССР, Героя Советского Союза, первого человека, отправившегося в космическое пространство. В 4-х т. В. 109. Т. 2. СПб: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2024. С. 45-48.

УДК 629.78

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТЫКОВОЧНЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ВЕДУЩИХ КОСМИЧЕСКИХ ДЕРЖАВ

Савчишкина Ю.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
sav4ishkinayuliya@gmail.com
Научный руководитель: Янко М.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современные космические программы предъявляют высокие требования к системам стыковки, которые должны обеспечивать надежное соединение аппаратов в различных условиях космического пространства. В данной работе представлен комплексный анализ стыковочных систем пяти ведущих космических держав: России, США, Европейского космического агентства (ЕКА), Китая и Индии.

Российская космическая программа использует две основные системы стыковки. Традиционная система «штырь-конус», применяемая на кораблях «Союз» и «Прогресс», зарекомендовала себя как исключительно надежная, однако обладает ограниченной гибкостью из-за асимметричной конструкции. [1] Второй тип - андрогинный стыковочный агрегат АПАС-95, разработанный специально для международных проектов. Особого внимания заслуживает российская система автоматического сближения «Курс-НА», которая обеспечивает точность позиционирования до ±1 см на завершающем этапе сближения.

Американская система NASA Docking System (NDS) представляет собой реализацию международного стандарта IDSS. Ее отличительными особенностями являются полная андрогинность (симметричность узлов) [2], использование лазерных лидаров с точностью 1 мм, двенадцать электромеханических приводов для фиксации и возможность передачи данных со скоростью до 1 Гбит/с.

Европейская система IBDM (International Berthing and Docking Mechanism) выделяется применением инновационных пьезоэлектрических приводов, обеспечивающих беспрецедентную точность позиционирования до 0,1 мм. Важной особенностью является модульная конструкция, позволяющая использовать этот узел как для жесткой стыковки, так и для временного соединения модулей.

Китайские разработки демонстрируют впечатляющий прогресс. Стыковочная система кораблей «Шэньчжоу» и станции «Тяньгун» сочетает радиолокационную систему Ka-диапазона (32 ГГц), инфракрасные камеры высокого разрешения, двухконтурную систему герметизации и возможность до 50 циклов стыковки-расстыковки [3].

Индийская организация космических исследований (ISRO) активно разрабатывает собственную систему для перспективного корабля. Его особенностями стали гибридная система наведения (радар X-диапазона в сочетании с ИК-камерами), двенадцать линейных приводов с точностью позиционирования 0,05 мм и уплотнения из фторкаучука с наноуглеродными добавками.

При сравнении технологических характеристик можно отметить, что по точности позиционирования лидирует Европа (0,1 мм), за ней следуют США (1 мм), Китай (3 см), Россия (±1 см) и Индия (2 см). По скорости выполнения стыковки первенство удерживают США (1-2 минуты), затем Европа (1,5-3 минуты), Китай (2-4 минуты) и Россия (3-5 минут). По показателю долговечности европейская система выдерживает до 500 циклов стыковки-расстыковки, американская - более 50 циклов, китайская - 50 циклов, российская - 30 циклов.

Перспективы развития стыковочных систем связаны с внедрением искусственного интеллекта для управления процессом стыковки, разработкой лазерных систем связи через стыковочный узел, созданием универсальных стандартов для лунных и марсианских миссий, а также совершенствованием систем защиты от космической пыли и радиации.

Проведенный анализ демонстрирует, что современные стыковочные системы развиваются по пути повышения автоматизации, точности и универсальности. Международная стандартизация (IDSS) становится ключевым фактором успешного сотрудничества в космосе. Российские разработки сохраняют конкурентоспособность благодаря своей надежности, однако требуют дальнейшей модернизации для соответствия новым международным стандартам.

Список литературы

1. Мишин В.П., Безвербный В.К., Панкратов Б.М. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы): учебник для технических вузов / В.П. Мишин, В.К. Безвербный, Б.М. Панкратов и др.; под ред. В.П. Мишина. М.: Машиностроение, 1985. 360 с.
2. NASA. International Docking System Standard (IDSS) Interface Definition Document. IDSS-IDD-Rev. D, 2015. 89 p. URL: https://www.internationaldockingstandard.com/download/IDSS_IDD_Revision_D_043015.pdf (Дата обращения 05.05.2025).
3. Ли Ч. Развитие китайских космических технологий / отв. ред. и авт. послесл. Ю.М. Батурин ; науч. ред. рус. пер. Б.И. Иванов, Б.Б. Дьяков, Д.Н. Савельева. СПб. : Нестор-История, 2013. 236 с.

СЕКЦИЯ «РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ»

УДК 72

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРБИТАЛЬНЫХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНЦИЙ.

Лагаева Г.Г., студент
МАРХИ, кафедра «Архитектура экстремальных сред».
gilyanalagaeva@yandex.ru
Научный руководитель: Нечаев А.Л., профессор
МАРХИ, кафедра «Архитектура экстремальных сред»
Научный консультант: Малая Е.В., к.арх., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение».

В связи с активным развитием и коммерциализацией космической отрасли уровень загрязнения околоземного пространства стремительно увеличивается. Космический мусор препятствует безопасному размещению и функционированию спутников, представляет угрозу для работы Международной космической станции и проведения научно-исследовательских миссий. Актуальность проекта обусловлена необходимостью разработки эффективных решений для сбора и утилизации космического мусора, а также повторного использования ресурсов, содержащихся в вышедших из строя космических аппаратах и их обломках. Целью исследования является разработка концептуального проекта многофункционального орбитального комплекса на солнечносинхронной орбите, состоящего из двух станций, перерабатывающих космический мусор в металлическое топливо и в конструктивные элементы космических аппаратов посредством аддитивных технологий (печать на 3d-принтере). Подобный комплекс может стать элементом инфраструктуры для обслуживания кораблей межпланетных миссий.

На данный момент для решения проблемы загрязнения околоземного пространства учеными предлагаются два основных метода: увод объектов космического мусора на «орбиты захоронения» и искусственное изменение траектории обломков и вышедших из строя аппаратов с их последующим снижением и сгоранием в верхних слоях атмосферы Земли. Оба подхода имеют существенные недостатки: первый не предполагает полноценной утилизации мусора, а второй может привести к загрязнению атмосферы продуктами сгорания. *В то же время, в существующих проектах утилизации уделяется недостаточное внимание вопросу переработки космического мусора.* Исключением из этого правила служит концепция аппарата-сборщика, перерабатывающего космический мусор в псевдожидкое металлическое топливо, разработанная сотрудником компании «Российские космические системы» (АО «РКС») М.Е. Барковой. Важно отметить, что космический мусор, преимущественно состоящий из металлов (алюминий, титан, магний, медь), композитов и полимеров может стать обширным источником ценных материалов.

Научная новизна рассматриваемого проекта орбитальной фабрики проявляется в комплексном подходе к решению проблемы загрязнения околоземного пространства. Проект объединяет в себе функциональную значимость (автоматизированные системы для сбора, сортировки и переработки мусора) и архитектурно-планировочные решения, учитывающие особенности космического пространства. Практическая значимость проекта заключается в создании безопасной орбитальной среды для защиты действующих объектов на околоземных орбитах. Более того, благодаря работе орбитальной фабрики станет возможно не только утилизировать отходы, но и извлекать из них материалы для повторного использования, что особенно важно в условиях ограниченности земных ресурсов.

При проектировании орбитальных фабрик по переработке космического мусора необходимо учитывать особенности технологического цикла. Ключевыми компонентами таких станций могут стать *модули для приёма мусора*, оборудованные аппаратами-

сборщиками, *сортировочные модули* с системами анализа состава обломков, *модули для измельчения мусора*, оснащенные барабанно-шаровыми мельницами, и автоматизированные *производственные и сборочные модули*. Стоит отметить, что из-за отсутствия гравитации в космосе традиционные конвейеры, используемые на земных мусороперерабатывающих заводах, могут быть заменены вакуумными и магнитными системами. Необходимо также предусмотреть энергетический блок с солнечными панелями и аккумуляторными батареями. Станция по переработке космического мусора может функционировать в автоматическом режиме, однако целесообразно спроектировать жилой модуль для кратковременных визитов экипажа с целью проведения ремонтных работ.

Технология переработки, применяемая в первой из двух рассматриваемых концепций орбитальных станций, заключается в производстве псевдожидкого топлива из мелкодисперсного металлического порошка. Порошок может быть получен посредством измельчения обломков в барабанно-шаровой мельнице, установленной в центральном надувном модуле станции. Во втором концептуальном проекте, представляющем собой станцию в форме двух тетраэдров, исследуются возможности применения 3d-печати в процессе переработки космического мусора: из металлов и композитов с помощью аддитивных технологий могут быть изготовлены элементы конструкции космических аппаратов, несущие каркасы для солнечных батарей, а также пространственные фермы для орбитальных станций.

Результатом работы являются два концептуальных проекта космических станций по сбору и переработке мусора. Выводы по работе подчеркивают необходимость комплексного подхода к решению проблемы загрязнения околоземного пространства и подтверждают целесообразность создания специализированной орбитальной фабрики. *Строительство орбитальных станций по переработке космического мусора представляет собой важный шаг в развитии космической инфраструктуры*: производство топлива и конструктивных элементов непосредственно в космическом пространстве открывает новые возможности для длительных межпланетных миссий и снижает зависимость космических аппаратов от поставок запасных деталей и необходимых ресурсов с Земли.

Список литературы

1. Баркова М. Е. Переработка техногенного космического мусора в топливо на низких орбитах // Труды МАИ. 2020. № 110. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-tehnogennogo-kosmicheskogo-musora-v-toplivo-na-nizkih-orbitah (Дата обращения 10.03.2025).
2. Кириллов В.А., Багатеев И.Р., Тарлецкий И.С., Баландина Т.Н., Баландин Е.А. Анализ концепций очистки околоземного космического пространства // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. Т. 18. № 2. С. 343-351.
3. Юницкий А.Э., Климков А.Г. Отбор производств для их переноса в ближний космос. Сборник материалов IV международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты» (г. Марьина Горка, 18 сентября 2021 г.). 2021. В. 4. С. 137-147. DOI: 10.24412/cl-36978-2021-137-147.

УДК 536.33

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ОКРУЖНОМ НАПРАВЛЕНИИ ПОЛЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТЕРЖНЕЙ НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Лу Июй, студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
yiyu.lu@outlook.com
Научный руководитель: Денисов О.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Стержневые элементы из полимерных композиционных материалов (КМ) – углепластиков – нашли широкое применение в космической технике и являются неотъемлемой частью силовых узлов космических конструкций (КК): развертываемых спутниковых антенн, крупногабаритных ферм, манипуляторов и др. Такие конструкции должны не только выдерживать значительные механические нагрузки, но и сохранять размерную стабильность в условиях экстремальных температурных перепадов и длительного воздействия агрессивной космической среды [1]. Например, для рефлекторов зеркальных антенн допустимые отклонения профиля поверхности не должны превышать 100 мкм, а для 2,5-метровой штанги поворотного устройства спутника «Кондор» предельное перемещение составляет всего 195 мкм. Эти требования обусловлены необходимостью сохранения точности функционирования оборудования в жестких условиях космического пространства.

Обеспечение размерной стабильности КК требует точного прогнозирования их температурных деформаций с использованием современных методов численного моделирования. При этом наибольшую сложность представляет учет анизотропии теплопроводности КМ, особенно в направлениях возникновения максимальных температурных перепадов. Для тонкостенных стержневых элементов радиальные температурные перепады обычно незначительны, что делает продольную и окружную теплопроводность ключевыми параметрами при анализе температурных полей. Именно эти характеристики в наибольшей степени влияют на распределение температур при неравномерном нагреве конструкции.

Достоверность расчетов температурных перемещений напрямую зависит от точности задания теплофизических характеристик материалов в заданных направлениях плоскости армирования.

Традиционные методы определения теплопроводности разработаны для стандартных образцов простой геометрии – круглых или прямоугольных пластин. Однако применительно к элементам стержневых КК эти подходы оказываются неприемлемыми, поскольку вырезка образцов требуемой формы неизбежно приводит к повреждению внутренней структуры материала. Проблема усложняется особенностями строения КМ, где целостность волокон и матрицы критически важна для сохранения теплофизических характеристик. Механическая обработка стержневых элементов для получения плоских образцов нарушает эту целостность, делая результаты измерений недостоверными.

Разработанные в МГТУ им. Н.Э. Баумана методики определения теплопроводности анизотропных композитов базируются на экспериментальном формировании температурных полей на элементах натурных конструкций и их математической обработке методами коэффициентных обратных задач [2, 3]. В работе представлена процедура аттестации одного из таких методов, предназначенного для оценки теплопроводности в окружном направлении полых композитных стержней.

Экспериментальная проверка методики проводилась на полых стержнях из кварцевого стекла КВ. Нагрев осуществлялся углеродной лентой, а температура в заданных точках на поверхности образца контролировались с помощью тепловизора. Для повышения точности бесконтактных температурных измерений поверхность образцов предварительно покрывалась тонким слоем (несколько микрон) черной акриловой краски с известной степенью черноты.

Постановка обратной задачи состояла в определении коэффициента теплопроводности, обеспечивающего наилучшее соответствие между экспериментальными и расчетными температурами в заданных точках образца. Полученные значения теплопроводности показали отклонение от справочных данных не более 15%, что подтверждает работоспособность предложенного подхода.

Список литературы

1. Материалы и покрытия в экстремальных условиях. Взгляд в будущее: в 3 т. Т. 1. Прогнозирование и анализ экстремальных воздействий / Ю.В. Полежаев, С.В. Резник, Э.Б. Василевский и др.; под ред. С.В. Резника. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 224 с.
2. Ван Ц., Денисов О.В., Денисова Л.В. Методика определения коэффициента теплопроводности в окружном направлении полых стержневых элементов композитных космических конструкций // Тепловые процессы в технике. 2024. Т. 16. № 2. С. 86-99. URL: https://tptmai.ru/ publications.php?ID=179328 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Резник С.В., Просунцов П.В., Денисов О.В., Бондалетов Д.Н. и др. Отработка методики исследования коэффициента теплопроводности анизотропных композитов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI Международной конф. (Самара, 03-06 сентября 2019 г.). Т. 1. Самара: ООО «Офорт», 2019. С. 443-446.

УДК 541.64: 678.7-13

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛУННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИЭФИРИМИДА.

Целуйкин М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
mcelujkin@gmail.com
Научный руководитель: Сторожук И.П., д.х.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
storozhuk-ip@inbox.ru

В связи с началом реализации планов освоения Луны, принятых в ведущих космических державах (США, Россия, Китай), стали актуальными научно-исследовательские работы по разработке технологий лунного строительства. При этом, особое внимание уделяется вопросу использования для этих целей верхнего слоя лунного грунта – реголита.

Целью нашей работы явилась разработка технологии изготовления строительных элементов в виде кирпича, представляющего собой композит на основе реголита и полиэфиримида ПЭИ-250, разработанного в НТИ «Цифровое материаловедение» МГТУ им. Н.Э. Баумана, и способов его укладки.

В качестве объектов исследования использовали порошки (фракция 50-100 мкм) имитатора реголита, полученного от «ГеоХи» РАН, золы уноса и ПЭИ-250. Из порошков указанных материалов были получены бинарные смеси различных составов. Смеси золы уноса и ПЭИ-250 использовали как модельные для отработки технологий смешения и горячего прессования на гидравлическом прессе. Было найдено, что оптимальным соотношением минерального наполнителя и термопластичного связующего является 70:30%масс. Прессованные при 300ºС и нагрузке 2 МПа образцы представляли собой прочные пластины толщиной 2-3 мм.

После определения перспективного состава и отработки технологии получения модельных дисперснонаполненных композитов на основе золы уноса была проведена работа по изготовлению аналогичных композитных пластин с применением имитатора лунного грунта с соотношением реголит:ПЭИ-250 равным 70:30%масс. Полученные образцы пластин толщиной 2 мм были испытаны на сжатие. Средняя нагрузка, при которой происходило

разрушение образцов, составила 245 МПа. Для сравнения, напряжения разрушения образцов, описанных в работе [1], составили 20-30 МПа.

Из разработанного материала для лунного строительства нами предложено изготавливать методом горячего прессования кирпичи стандартного для земного строительства размера 250х125х60 мм. В качестве скрепляющего и герметизирующего слоя (вместо кладочного раствора) предложено использовать клей-расплав в виде плёнки из ПЭИ-250, которую планируется приклеивать к горячим кирпичам на завершающей стадии их прессования. Соотношение порошка и пленки из ПЭИ-250 составляет 90:10%масс. Технология подразумевает обмотку горячего кирпича плёнкой по четырём граням, которые состыковываются с другими кирпичами, и укладку манипулятором робота ещё горячего кирпича с клеевым слоем в строительную кладку. Такой способ укладки может обеспечить строительство прочных и герметичных сооружений.

Таким образом, предложенная технология предусматривает использовать для лунного кирпичного строительства 70%масс. реголита и 30%масс., завезенных с Земли порошка и плёнки из полиэфиримида ПЭИ-250, который обладает высокой радиационной стойкостью, морозостойкостью до минус 200ºС и теплостойкостью до 250ºС.

Список литературы

1. Chen T. et al. Formation of polymer micro-agglomerations in ultralow-binder-content composite based on lunar soil simulant // Advances in Space Research. 2018. V. 61. № 3. Pp. 830-836.

УДК 629.7.025

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРЫЛА САМОЛЁТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Чудинова М.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
mariacudinova14@gmail.com
Научный руководитель: Барановски С.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»

Современное авиастроение находится в постоянном развитии, и требования к летательным аппаратам (ЛА) в области обеспечения и повышения безопасного полета, снижения стоимости, увеличения дальности полёта и т.д. постоянно возрастают. Для их удовлетворения необходимо решать множество задач, касающихся усовершенствования характеристик ЛА. При этом проектирование подобного объекта или его части является сложной междисциплинарной задачей, требующей учёта множества противоречащих друг другу требований в области аэродинамики, прочности, технологии т.д. В свою очередь, применение новых способов проектирования [1], перспективных конструктивных решений в части каркаса [2], материалов и методов математического моделирования [3] и способов изготовления позволят обеспечить потребный уровень запрашиваемых авиационной отраслью характеристик. Таким образом, разработка новых типов ЛА с применением новых перспективных силовых схем из полимерных композиционных материалов (ПКМ) является актуальной задачей.

Целью данной работы является повышение удельных характеристик конструктивно-силовой схемы (КСС) крыла из ПКМ.

В работе рассматривается ЛА, сконструированный по аэродинамической схеме «летающее крыло», изучены особенности данной схемы. Несмотря на сложности в практической реализации, «летающее крыло» является перспективным в применении

благодаря своим аэродинамическим и весовым характеристикам, возможности компоновки полезного груза и топлива.

Объектом исследования является крыло и его КСС. Необходимые летные характеристики достигаются при помощи выбора оптимальной формы и размера крыла, а прочностные параметры за счет выбора и оптимизации КСС, формы и характеристик силовых элементов. Рассмотрено несколько различных вариантов моделей крыла с последующим выбором рационального. Основными типами силовых схем являются классический вариант и криволинейные силовые элементы.

Первоначально разработана геометрическая модель крыла с заданными параметрами: аэродинамическим профилем (двояковыпуклый несимметричный), размахом 60 м и площадью 307,05 м^2. Проведены расчеты по определению нагрузок, действующих на крыло во время полета. На основе полученных значений с помощью параметрической оптимизации проводится проектирование различных вариантов КСС крыла из углепластика с определением количества, места расположения и направления установки элементов. При проектировании классической КСС, состоящей из прямолинейных продольных и поперечных элементов, расстояние установки переднего и заднего лонжеронов варьировалось от 15-25% и 60-70% длины средней аэродинамической хорды (САХ) соответственно, шаг нервюр от 20% до 40% с направлением установки по полету и перпендикулярно заднему лонжерону, шаг стрингеров от 0,2 м до 0,24 м. Для криволинейных силовых элементов варьировались радиус и направление кривизны. В качестве критериев выбора оптимального варианта КСС выступают масса и прогиб конструкции, а также напряжения в отдельных элементах (обшивках, лонжеронах, нервюрах). В результате установлено, что криволинейная КСС обеспечивает лучшие удельные характеристики (до 22%) по сравнению с рассмотренными классическими аналогами.

Для выбранной КСС проведено моделирование и оптимизация укладок композиционного материала (КМ). Определены углы выкладки КМ с учётом анизотропии свойств материала и оптимизации под действующие нагрузки. Жесткость конструкции увеличилась на 47 %.

Таким образом, используя параметрическое моделирование, разработан вариант перспективной КСС крыла из ПКМ, позволяющий снизить массу ЛА на 3 %, обеспечивая необходимые прочностные и жесткостные характеристики. Данная часть работы является начальным этапом исследований в области структурно-оптимизированных КСС крыла, и будет учтена и использована в дальнейшей работе по исследованию ЛА типа «летающее крыло».

Список литературы

1. Магидов И.С., Михайловский К.В. Топологическая оптимизация силового элемента отсека летательного аппарата из металломатричного композиционного материала // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2022. № 1. С. 53–60. DOI: 10.18698/0536-1044-2022-1-53-60.
2. Барановски С.В., Мьоу Т.З. Выбор и обоснование перспективных биоподобных конструктивно-силовых схем крыла из полимерных композиционных материалов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2023. № 3 (146). С. 15–28. DOI: 10.18698/0236-3941-2023-3-15-28.
3. Васильченко К.С., Резник С.В., Аунг Н.Л., Гареев А.Р. Выбор оптимального профиля лопасти несущего винта малогабаритного беспилотного вертолета // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022. № 3. С. 79–86.

РАЗДЕЛ «СТУДЕНЧЕСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ»

УДК 53

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕГУЩЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ В ВОЗДУХЕ ПО ЕЁ ФАЗОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Горохов И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
gorokhovia@student.bmstu.ru
Жезло Д.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Информатика и системы управления»
premo17@mail.ru
Научный руководитель: Лукин К.Б., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
lkb1942@mail.ru

Точное измерение фазовой скорости ультразвуковых волн в воздушной среде представляет собой важную задачу для широкого спектра инженерных и научных приложений. В настоящей работе представлен метод исследования бегущей ультразвуковой волны в воздухе с использованием её фазовых характеристик. Метод позволяет с высокой точностью определять фазовую скорость, длину волны, а также исследовать форму волнового фронта ультразвуковой волны.

Разработанная методика основана на измерении с помощью двухканального цифрового запоминающего осциллографа сдвига фаз между сигналами на входе пьезоэлектрического излучателя и на выходе из пьезоэлектрического приемника. Особенностью подхода является прецизионное позиционирование приёмника относительно генератора с использованием микрометрического механизма, что позволяет определять расстояния между точками, находящимися на синфазных волновых поверхностями с точностью до долей миллиметра.

Методика исследования заключается в контролируемом смещении пьезоэлектрического приёмника относительно генератора от начального положения, при котором наблюдается синфазность гармонических напряжений на приёмнике и генераторе. При удалении приёмника до положения, когда возрастающий участок гармонического напряжения от приёмника смещается относительно генератора на величину периода колебаний, измеряется разность конечной и начальной координат. Эта разность является экспериментальной длиной хорды между синфазными волновыми поверхностями ультразвуковой волны.

В работе рассматривается случай сферической волны от уединённого источника, описываемой уравнением:

$$s = \frac{a_0}{r} cos(\omega t - kr + \varphi_0) \quad (1)$$

где $\frac{a_0}{r}$ - амплитуда колебаний частиц упругой среды, k - волновое число, а $\Phi = \omega t - kr + \varphi_0$ - фаза сферической волны [1].

В ходе экспериментов было установлено, что при удалении приёмника от генератора на расстояние более $20\lambda t$ (где λt - теоретическое значение длины ультразвуковой волны), экспериментальные значения длины волны приближаются к теоретическим. Это объясняется тем, что на таких расстояниях форма волнового фронта становится близкой к плоскости.

Проведенные измерения показали, что на расстоянии 20 длин волн от генератора отличие расчётного значения длины ультразвуковой волны от экспериментального не превышает долей миллиметра. Экспериментально была определена фазовая скорость

ультразвуковой волны в воздухе, которая составила приблизительно 331 м/с при нормальных условиях, что согласуется с теоретическими данными.

Выполнен анализ погрешностей измерений с учётом инструментальных погрешностей микрометрического винта и временной шкалы осциллографа. При использовании временной развёртки с ценой деления 5 мкс относительная ошибка измерения фазовой скорости составляет около 4%, что демонстрирует высокую точность предложенной методики [2].

Разработанная методика исследования ультразвуковых волн в воздухе по их фазовым характеристикам позволяет:

1. Исследовать форму волнового фронта ультразвуковой волны
2. Измерять величину фазовой скорости ультразвуковой волны с точностью до 1%
3. При известной фазовой скорости определять расположение приёмника относительно генератора с высокой точностью

Полученные результаты могут найти применение в ультразвуковой дефектоскопии, акустических измерениях параметров сред, а также в прецизионных системах позиционирования [3].

Список литературы

1. Бражников Н.И. Ультразвуковая фазометрия. М.: Энергия, 1968. 272 с
2. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений, М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1969 г. 344 с.
3. Халиуллина А.В., Хайрутдинов Б.И. Ультразвук в медицине: учебной пособие. / под ред. А.В. Агапова. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. 116 с.

УДК 537.2

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНШЕТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Колыхалова А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
anastasia45rt45@gmail.com
Научный руководитель: Сизов В.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Традиционно для визуализации и анализа электростатических полей используются электролитические ванны, представляющие собой ёмкости с проводящей жидкостью, в которых моделируются электроды заданной конфигурации. Измерение электрического потенциала в различных точках ванны позволяет получить представление о распределении поля. Однако электролитические ванны имеют ряд ограничений: они требуют сложной подготовки, не всегда удобны в эксплуатации и ограничены в точности.

Цель работы заключается в исследовании возможности применения графического планшета для изучения электростатических полей.

Графические планшеты, работающие на принципе электромагнитного резонанса, являются одними из самых точным планшетов на рынке. Принцип работы планшета заключается в том, что под поверхностью находится медная сетка, образующая систему катушек индуктивности. Эти катушки расположены так, чтобы перекрывать друг друга для обеспечения более точного позиционирования. Перо представляет из себя катушку индуктивности и конденсатор, образующие резонансный контур, настроенный на определённую частоту. Планшет генерирует электромагнитное поле, посылая переменный ток через катушки индуктивности. Когда перо подносится к поверхности, электромагнитное поле планшета возбуждает резонанс в контуре пера, которое в свою очередь начинает поглощать и переизлучать энергию. Планшет считывает параметры электромагнитного поля, создаваемого пером, определяет какие

катушки индуктивности на поверхности планшета сильнее всего считывают сигнал ручки. По силе сигнала вычисляется точное положение пера [1].

С помощью метода наименьших квадратов была определена погрешность установки, которая составила меньше 300 мкм. Погрешность характеризуется тремя составляющими: дискретностью, изначальной неровностью пластины и наличием электрического поля.

В ходе работы были построены эквипотенциальные поверхности и экспериментально проверена теорема о циркуляции по замкнутому контуру [2].

Таким образом, получена возможность строить эквипотенциальные поверхности и силовые линии с помощью графического планшета. Данный способ показал свою эффективность и практичность в сравнении с методом электролитических ванн [3].

Список литературы

1. EMR (электромагнитный резонанс) // Wacom. URL: https://www.wacom.com/ru-ru/for-business/technologies/emr (Дата обращения 26.03.2025).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982. 624 с. (Теоретическое рассмотрение электродинамики, включая электростатические поля в различных средах).
3. Савельев И В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество. М.: Наука, 1982. 495 с.

УДК 535.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ТАЛЬБОТА

Новикова Е.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Серенков М.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
smd22ea465@student.bmstu.ru
Чубуева Ю.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
Научный руководитель: Скуйбин Б.Г., к.ф.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Эффект Тальбота заключается в том, что на определенном расстоянии от периодической системы когерентных источников волн … без каких-либо преломляющих или отражающих устройств на экране возникает изображение решетки [1]. Изображение дифракционной решётки самопроизвольно восстанавливается на определённом расстоянии при освещении решётки плоской световой волной (в том числе немонохроматической. Указанное расстояние называется длиной Тальбота (Z_T). Другими словами, широкий пучок падает на дифракционную решётку, помещённую в плоскость. Перемещая экран, легко найти плоскость самопроизвольного воспроизведения изображения решётки − плоскость Тальбота [2].

На расстоянии, равном половине этой длины, формируется идентичное изображение, смещённое на полпериода. Если экран расположен ближе, чем на половину длины Тальбота, возникают гармоники периода решётки d (d/2, d/3 … d/n) [1, 3].

Для расчёта длины Тальбота при сопоставимости длины волны с периодом решетки используется формула, предложенная Рэлеем:

$$z_T = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{d^2}}}\ , \qquad (1)$$

где d — период дифракционной решётки, λ — длина волны света, падающего на решётку. Расстояния Тальбота для дифракционных решёток с $d_1 = 1/4$, $d_2 = 1/8$ по формуле (1). $z_{T1} \approx 58{,}74$ мм; $z_{T2} \approx 234{,}96$ мм.

Построив график можно заметить, что он представляет из себя обратную квадратичную зависимость. При уменьшении периода дифракционной решётки, длина Тальбота стремительно уменьшается, что приводит к невозможности проведения эксперимента с использованием дифракционных решёток с периодом менее 1/8 шт./мм на собранной установке. Для эксперимента нас интересуют решётки с периодом от 1 до 1/8 шт./мм.

Принцип работы установки: пучок лазера проходит через систему элементов: короткофокусная линза, пин-хол для чистки спектра, длиннофокусная линза, дифракционная решетка. Полученная дифракционная картина попадает на окуляр микроскопа и транслируется через монитор ЭВМ.

Был проведен эксперимент эффект Тальбота для дифракционных решёток с периодом 1/4 и 1/8 при длине волны = 532 нм. Для анализа сравним все результаты наблюдений, сделанных при различных расстояниях (Z_T, $Z_T/2$ и $Z_T/4$). Результатом на Z_T является изображением дифракционной решётки. На расстоянии $Z_T/2$, изображение сдвигается на половину периода. При $Z_T/4$ изображение сдвигается на половину периода, а сам период уменьшается в 2 раза.

В работе был проведен анализ зависимости Z_T и d, выбраны оптимальные решётки для эксперимента, оценка точности формулы Релея и границы её применимости, собрана экспериментальная установка, полученные результаты эксперимента совпали с теоретическими, что подтвердило теорию Тальбота.

Перспективы у этой работы заключаются в получении новых высоких гармоник выше 500-ой. Для этого, необходимо модернизировать установку. Нужно изготовить с помощью ионного пучка дифракционную решётку с периодами 1 и 2 штриха на мм для повышения чёткости дифракционной картины.

Список литературы

1. Морозов А.Н., Салбиева Л.Р., Скуйбин Б.Г., Смирнов Е.В. Наблюдение эффекта Тальбота для ультразвуковых волн / Письма в «Журнал экспериментальной и теоретической физики». 2017. Т. 106. № 1. С. 26-28. URL: https://cpf-bmstu.ru/pdf/ArticlesForSyte/Ap_43.pdf (Дата обращения 10.05.2025).
2. Пальчикова И.Г., Попова С.С., Смирнов С.В. Сравнительное изучение самоизображения прозрачных решеток. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnoe-izuchenie-samoizobrazheniya-prozrachnyh-reshyotok (Дата обращения 10.05.2025).
3. Морозов А.Н., Салбиева Л.Р., Скуйбин Б.Г., Смирнов Е.В. Наблюдение высоких порядков дробного эффекта Тальбота в оптическом диапазоне / Письма в «Журнал экспериментальной и теоретической физики». 2018. Т. 107. № 5-6. С. 368-370. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32652445_56727273.pdf (Дата обращения 10.05.2025).

РАЗДЕЛ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ»

СЕКЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ»

УДК 519.87

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ ПОДХОД В ПРОБЛЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТКОВ

Ашмарина И.В., студент
МГТУ им. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
ashmarina.inga@gmail.com
Научный руководитель: Самойлова И.А., к.э.н., доцент
МГТУ им. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

«Вы не застряли в пробке – Вы и есть пробка». Дорожные заторы возникают не только из-за высокой плотности транспортного потока, но и вследствие индивидуальных решений водителей, каждый из которых, стремясь минимизировать собственные временные затраты, может неосознанно ухудшить общую ситуацию. Данный феномен может быть проанализирован в рамках теоретико-игрового подхода, где выбор стратегий отдельных участников движения определяют состояние всей транспортной системы.

Центральным понятием исследования является транспортное равновесие, впервые формализованное экономистом Кнайтом в 1924 году. Развитие макроскопических транспортных моделей, основанных на этом принципе, началось в работах профессора Пигу, а значительный прорыв произошел в середине XX века благодаря исследованиям Вардропа, сформулировавшего базовые принципы поведения водителей, а также Бекмана, МакГваера и Винстона, предложивших методы численного решения соответствующей оптимизационной задачи. Было показано, что поиск равновесия в такой системе эквивалентен задаче выпуклого программирования:

$$\min_{f,x}\left\{\sum_{e\in E}\int_0^{f_e}\tau_e(z)dz:\quad f=\Theta x,\quad x\in X\right\}, \tag{1}$$

где f_e – пропускная способность, τ_e – минимальные временные издержки ребра e, а $\Theta = \{\delta_{ep}\}_{e\in E, p\in P}$ – матрица инциденций ребер маршрутам. Здесь δ_{ep} = 1, если e ∈ p, и δ_{ep} = 0 — если иначе. $p=\left(i_{p_1}, e_{p_1}, i_{p_2}, \dots, e_{p_k}, i_{p_{k+1}}\right), i_j \in V, e_j \in E$, **путь** из вершины i_{p_1} в вершину $i_{p_{k+1}}$.

Однако классическая модель Бекмана-МакГваера обладает рядом ограничений, в частности, не позволяет идентифицировать перегруженные участки дорожной сети. Альтернативный подход, предложенный Нестеровым и де Пальмой [3], лишён этого недостатка и даёт возможность явно выделять **«заторные рёбра»** — участки, на которых в равновесии наблюдается перегрузка.

Особый интерес представляет **парадокс Браесса** [2], демонстрирующий, что удаление определённого ребра из транспортной сети может снизить общие временные издержки, несмотря на сокращение числа доступных маршрутов. Это свидетельствует о том, что равновесие **Нэша-Вардропа** не всегда является **Парето-оптимальным**, при этом сами такие рёбра получили название **неэффективных**. Долгое время поиск неэффективных рёбер изучался в рамках модели Бекмана, однако в 2006 году Роугарден доказал отсутствие эффективного алгоритма их обнаружения в данном контексте. Это подчеркивает актуальность исследования данной темы в парадигме модели Нестерова-де Пальмы [1].

Ещё одним важным направлением является анализ **механизмов управления транспортным равновесием**. В работе рассматриваются три ключевых подхода:

1. **Удаление неэффективных рёбер** (прямое устранение «узких мест»).
2. **Введение платы за проезд** (оптимизация потока через экономические стимулы).
3. **Выделение приоритетных полос** (например, для общественного транспорта).

Методологическая основа исследования включает:

– формализацию парадокса Браесса в рамках модели стабильной динамики Нестерова-де Пальма;

– постановку задачи поиска неэффективных ребер в транспортной сети;

– введение и сравнение механизмов санкционирования для минимизации неэффективности транспортной сети.

Таким образом, работа вносит вклад в развитие методов анализа и оптимизации транспортных потоков, предлагая современные подходы к управлению дорожными системами.

Список литературы

1. Дорн Ю.В. Модель Нестерова-де Пальмы и её применение в задачах макроскопического моделирования транспортных потоков: автореф. дис. канд. техн. наук / Московский физико-технический институт. Москва, 2022. URL: https://lib.dm-centre.ru/lib/document/gpntb/ESVODT/789a77140c055bef05c3b25d6a8fed0d/ (Дата обращения 05.05.2025).
2. Braess D. Uber ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung / in German // Unternehmensforschung. 1968. V. 12. Pp. 258-268.
3. de Palma A., Nesterov Yu. Stationary dynamic solutions in congested transportation networks: summary and perspectives // Networks and spatial economics. 2003. V. 3. Pp. 371-395.

УДК 621.382:51-7

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Бобрик И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
iliabobrik12@gmail.com
Герасимов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
artem.gerasimov.16@mail.ru
Иванов М.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
fgerts35@gmail.com
Научный руководитель: Егорова С.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
s.n.eg1311@yandex.ru

В данной работе исследуются алгоритмы работы симуляторов электронных схем общего назначения – Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (SPICE). Современные SPICE-программы применяются с целью получения предварительных значений электрических характеристик электронных схем, а также для экономии ресурсов и времени, необходимых для создания физических прототипов. На примере сложных схем, состоящих из источника электродвижущей силы (ЭДС) и разных комбинаций резисторов либо конденсаторов, в работе изучаются возможности программ-симуляторов NI MULTISIM и MICROCAP. Рассматриваемые программы используют разные методы моделирования виртуальных электронных схем и на данный момент не имеют открытого исходного кода.

В ходе исследования получены сведения об общих принципах работы SPICE-программ [1, 2] и выявлены отличия в моделировании виртуальных схем и представлении результатов расчетов рассматриваемых программ-симуляторов.

Из открытых источников выявлено, что обе программы формируют систему контурных уравнений с помощью основного метода анализа схем – метода узловых потенциалов. MULTISIM использует модифицированный вариант (MNA); далее система решается методом разреженных матриц [3]. После задания всех компонентов собранной схемы MICROCAP автоматически формирует системы дифференциальных уравнений состояния, которые затем решаются интегрированием конечно-разностным методом.

Для анализа работы алгоритмов были выбраны сложные электрические схемы, состоящие из источника ЭДС и резисторов либо конденсаторов. Проведено сравнение результатов программного моделирования, физического эксперимента и теоретически найденных значений протекающего через резисторы тока и накопленного на конденсаторах заряда.

Для поиска теоретических значений электрических характеристик применялись метод контурных токов, первый и второй законы Кирхгофа, формулы определения заряда конденсатора. Решение полученной системы контурных уравнений (СЛАУ) для каждой цепи проводилось методом Гаусса в математическом пакете Wolfram Mathematica.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы: сравнение аналитически найденных и полученных моделированием значений с практическими результатами показало, что они попадают в инструментальную погрешность измерительных приборов. Рассмотренные программы позволяют с заданной точностью определять значения электрических показателей схем, состоящих из резисторов и конденсаторов, которые используются в большом количестве электронных устройств, большей точностью по отношению к теоретически определяемым значениям обладает NI MULTISIM. Вместе с тем MICROCAP имеет более сложный интерфейс и более требователен к навыкам разработчика электронных схем.

Результаты работы могут быть использованы при подборе программного обеспечения, необходимого для симуляции сложных электрических схем резисторов и полярных конденсаторов.

Список литературы

1. Введение в Multisim: лекционный курс. URL: https://e-learning.bmstu.ru/iu6/pluginfile.php/22056/mod_resource/content/1/Multisim.pdf (Дата обращения 30.03.2025)
2. Невежин Е.В., Клюкин В.И. Применение пакета Micro-cap для моделирования аналоговых интегральных схем: учебно-методическое пособие. 2005. URL: https://phys.vsu.ru/me/downloads/microcap.pdf (Дата обращения 30.03.2025)
3. National Instruments Corporation NI Multisim: User Manual. URL: https://docs-be.ni.com/bundle/multisim/raw/resource/enus/374483d.pdf?save_local=true (Дата обращения 30.03.2025)

УДК 519.6

ФРАКТАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Бабенко Б.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»
bbr31@mail.ru
Бородай Л.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинские технологии»
lboroday03@gmail.com
Научный руководитель: Труфанов Н.Н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В современном мире востребованы системы эффективного хранения и передачи больших объёмов данных. При построении таких систем встаёт вопрос об алгоритмах сжатия информации в целом и изображений в частности. Рассматриваемые в работе фрактальные алгоритмы позволяют обеспечить высокий уровень сжатия данных.

В основе данного метода лежит понятие неподвижной точки, определяемое теоремой Банаха [1]. Рассматривая конечный набор сжимающих отображений, вводится понятие системы итерируемых функций, неподвижная точка которой близка к исходному изображению по метрике Хаусдорфа, согласно теореме коллажей [2].

Для реализации метода выделяются ранговые и доменные блоки, на которых строятся сжимающие отображения на основе аффинных преобразований. Эти аффинные преобразования формируют искомую систему интегрируемых функций. Для повышения качества работы алгоритма, ранговые блоки выделяются с помощью разложения изображения в квадродерево.

В виду высоких вычислительных затрат детерминированного алгоритма, предложена альтернатива в виде вероятностного алгоритма. Его идея заключается в том, что вместо полного перебора доменных блоков выбирается небольшое число наиболее вероятных кандидатов. Вероятность оценивается с помощью вычисления определителя матрицы ковариация рангового и доменного блоков. Использование данного метода позволяет существенно сократить время работы алгоритма. При восстановлении исходного изображения в качестве начального изображения используется шум, к которому многократно применяется сжимающее отображение полученной системы функций.

Описанные алгоритмы реализованы на языке Python. Выполнено сжатие изображения в градациях серого, проведён сравнительный анализ их эффективности.

Список литературы

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 570 с.
2. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Москва: Триумф, 2003. 320 с.

УДК 536.92

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДВУХЦЕПОЧЕЧНОЙ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПОТТСА С ТРЕМЯ СОСТОЯНИЯМИ

Скворцов Г.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
skvortsov.grisha@list.ru
Научный руководитель: Храпов П.В., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Спиновые решеточные модели, изначально появившиеся для объяснения феномена ферромагнетизма, в настоящее время успешно используются для анализа коллективного поведения в целом [1]. Эти модели используются для вычисления свободной энергии сворачивания белков, изучения решеточных газов и даже для исследования возникновения кооперации в обществе.

Самой известной решеточной моделью статистической механики является *модель Изинга*: дана целочисленная решетка, в узлах которой находятся спины σ, принимающие два значения: 1, -1. При этом вероятность возникновения конфигурации определяется значением гамильтониана, т.е. энергии конфигурации. Всплеск интереса к этой модели обусловлен тем, что в 1944 году Л. Онзагеру удалось найти точное значение ее свободной энергии. *Модель Поттса*, введенная в 1952 году, явилась обобщением модели Изинга: она обладает (в изотропном случае) гамильтонианом

$$\mathrm{H} = -J \sum_{<i,j>} \delta(\sigma_i, \sigma_j) \ , \tag{1}$$

где спины σ_i принимают не два, а q значений, δ - символ Кронекера, а J - обменный интеграл взаимодействия между ближайшими соседями. Многочисленные попытки решить самую простую двумерную модель Поттса, т. е. модель Поттса при $q = 3$, не увенчались успехом до сих пор. Из точных результатов известно лишь вычисленное Р. Бакстером значение свободной энергии модели Поттса при критической температуре [2], полученное благодаря эквивалентности модели типа льда при

$$T_c = \frac{1}{\ln\left(1+\sqrt{q}\right)} \tag{2}$$

В настоящее время большой интерес к модели Поттса проявляют биологи. Так, например, ими было предложено следующее обобщение модели Поттса:

$$\mathrm{H} = \sum_{i<j} J_{ij}(\sigma_i, \sigma_j) + \sum_k h_k(\sigma_k) \tag{3}$$

Подбирая соответствующие коэффициенты J_{ij}, биологи научились с помощью обобщенной модели Поттса вычислять свободную энергию сворачивания белков, симулировать поведение опухолей и многое другое.

Целью данной работы является изучение двухцепочечных обобщенных моделей Поттса, обладающих инвариантностью относительно циклического сдвига значений всех спинов [3]:

$$\mathrm{H} = -\sum_{\{\mu_1,\mu_2,\mu_3\}\in X^3} J_{\mu_1,\mu_2,\mu_3} \delta_{\sigma_0,\mu_1+\sigma_1,\mu_2+\sigma_2,\mu_3+\sigma_3} \tag{4}$$

В терминах эквивалентной обобщенной модели часов, наряду с обычными двойными взаимодействиями, рассматриваются трех- и четырехчастичные взаимодействия вида :

$\cos\left(\sum \alpha_i \sigma_i\right)$ и $\sin\left(\sum \alpha_i \sigma_i\right)$, где условие $\sum \alpha_i \equiv 0\,(mod\ q)$ обеспечивает указанную инвариантность.

В ходе исследования будет получено точное решение модели и аналитические выражения ее характеристик: энтропии, теплоемкости, восприимчивости и др. Используя структуру основных состояний, т. е. тех, что выживают при $T \to 0+$, будут найдены пределы термодинамических характеристик.

Список литературы

1. Rozikov U.A. Gibbs measures in biology and physics: The Potts model. 2022. DOI: 10.1142/12694.
2. Baxter R.J. Potts model at the critical temperature // Journal of Physics C: Solid State Physics. 1973. V. 6. № 23. DOI: 10.1088/0022-3719/6/23/005.
3. Khrapov P.V., Skvortsov G.A. Exact solution of the three-state generalized double-chain Potts model // International Journal of Open Information Technologies. 2025. V. 13. № 3. Pp. 34-43.

УДК 004.627

СЖАТИЕ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТОВ НА ОСНОВЕ АТОМАРНЫХ ФУНКЦИЙ

Федоров И.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
i.fedorov2023@mail.ru
Научный руководитель: Коновалов Я.Ю., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
kon20002000@mail.ru

Современные цифровые системы генерируют колоссальные объёмы данных: от медицинских изображений до потокового аудио и видео. Это ставит задачу эффективного сжатия данных на первый план, так как хранение и передача информации требуют оптимизации без существенных потерь качества.

Одним из современных подходов в данной области является применение дискретного вейвлет-преобразования. Этот метод основан на использовании низкочастотного и высокочастотного фильтров, что позволяет получить сглаженную аппроксимирующую составляющую сигнала наряду с детализирующими коэффициентами [1]. Многоуровневое вейвлет-преобразование даёт возможность свести исходный сигнал к единственному аппроксимирующему коэффициенту и совокупности детализирующих коэффициентов, что является базой для последующего сжатия.

В данной работе для построения фильтров применяется конструкция модифицированных вейвлетов Мейера [2], которые строятся с использованием атомарных функций – бесконечно гладких функций с компактным носителем, задаваемых как решения функционально-дифференциальных уравнений. Сравнительный анализ сжатия осуществляется с использованием различных типов атомарных функций, а также проводится сопоставление с фильтрами Добеши [3].

Подход к вычислению коэффициентов фильтров, применяемый в работе [2], предполагает численное интегрирование. В данной работе также рассмотрен новый способ, основанный на решении систем нелинейных уравнений методом Ньютона. Фильтры, полученные таким способом, лучше восстанавливают исходный сигнал по сравнению с фильтрами, полученными методами численного интегрирования.

Для выяснения качества полученных фильтров осуществлялся численный эксперимент по сжатию одномерных сигналов. К ним применяется многоуровневое дискретное вейвлет-преобразование с последующим сохранением заданного процента наиболее значимых детализирующих коэффициентов. В результате полученный разреженный массив коэффициентов является оптимальным для применения алгоритмов сжатия без потерь.

Также проводился численный эксперимент по сжатию изображений. Цветные изображения раскладывались по цветовому пространству YCbCr, где канал Y соответствует яркостной информации (черно-белое изображение), а каналы Cb и Cr – хроматической составляющей. Хроматические каналы обычно содержат меньше мелких деталей по сравнению с яркостным каналом, к ним применимы более грубые методы сжатия.

По результатам численных экспериментов выявлены наиболее предпочтительные атомарные функции, с помощью которых удалось добиться существенного сжатия информации с минимальными потерями в качестве.

Список литературы

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. / 3-е изд., доп. и перераб. М.: ДМК Пресс, 2008. 448 с.
2. Кравченко В.Ф., Коновалов Я.Ю. Новая конструкция вейвлетов на основе свертки финитных функций с прямоугольным импульсом // Радиотехника и электроника. 2022. Т. 67. № 8. С. 761-773. DOI: 10.31857/S0033849422080095.
3. Daubechies I. Ten lectures on wavelets. // Society for industrial and applied mathematics. 1993. V. 35. Pp. 666–669.

УДК 514.84

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В ТЕОРИИ ГИНЗБУРГА–ЛАНДАУ НА ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Фрейдина А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
freydina.ai@gmail.com
Научный руководитель: Филиновский А.В., д.ф.-м.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Одним из основных квантовых явлений в физике конденсированного состояния является сверхпроводимость — состояние проводника, проявляющееся в исчезновении электрического сопротивления при снижении температуры ниже определенного критического значения. Этот эффект впервые был обнаружен в 1917 году голландским физиком Х. Камерлинг-Оннесом, проводившим эксперимент с образцом ртути. Ему удалось установить зависимость сопротивления материала от температуры и сделать вывод, что при охлаждении вещества до температуры порядка нескольких градусов Кельвина ($T \approx 4K$) электрическая проводимость σ неограниченно возрастает, что и было интерпретировано как переход материала в новое и еще не известное тогда науке квантовое состояние — сверхпроводящее [1].

Открытие сверхпроводимости стало началом активного изучения макроскопических квантовых явлений в твердых телах и послужило основой для создания теоретических моделей сверхпроводимости, включая феноменологическую теорию Гинзбурга–Ландау. В её основе лежит предположение о существовании комплексной волновой функции порядка $\psi(\boldsymbol{r})$ такой, что $|\psi(\boldsymbol{r})|^2$ интерпретируется как локальная плотность сверхпроводящего электронного конденсата [2].

Поведение системы описывается вариацией свободной энергии функционала, включающего градиентные и потенциальные члены, а также взаимодействие с внешним электромагнитным полем через ковариантную производную:

$$f_s = f_n + \alpha|\psi|^2 + \frac{1}{2}\beta|\psi|^4 + \frac{1}{4m}\left|\left(-i\hbar\nabla - \frac{2e}{c}A\right)\psi\right|^2 + \frac{B^2}{8\pi}\,, \tag{1}$$

$$F[A,\psi] = \int f_s \; d^3r\,. \tag{2}$$

Минимизируя полную свободную энергию (2) по вариациям параметра порядка ψ и векторного потенциала $\boldsymbol{A}$, получим систему нелинейных уравнений Гинзбурга-Ландау:

$$\alpha\psi + \beta|\psi|^2\psi + \frac{1}{4m}\left(-i\hbar\nabla - \frac{2e}{c}A\right)^2\psi = 0 \tag{3}$$

$$\nabla \times B = \frac{4\pi}{c}j\,; \quad j = -\frac{ie\hbar}{2m}(\psi^*\nabla\psi - \psi\nabla\psi^*) - \frac{2e^2}{mc}|\psi|^2 A \tag{4}$$

В евклидовом пространстве уравнения Гинзбурга–Ландау формулируются с учётом плоской геометрии, где параметры порядка и магнитное поле распределены равномерно. В неевклидовых пространствах, таких как поверхности с постоянной отрицательной кривизной, уравнения модифицируются для учёта метрических свойств. Это приводит к появлению дополнительных членов, отражающих влияние кривизны на сверхпроводящее состояние.

Таким образом, осуществляя параметризацию гиперболической поверхности второго порядка $\boldsymbol{r}(x,y,z) \to \boldsymbol{r}(u,v)$ и сводя задачу к двумерной, получим диагональную метрику и соответствующие поправки в виде символов Кристоффеля, возникающие в определении ковариантной производной. Тогда система (3)-(4) перепишется в координатном виде:

$$\frac{1}{4m}g^{kk}\left[-h^2\,\partial_k^2\psi + ih\frac{2e}{c}(\partial_k A_k + \Gamma^u_{kk}A_u + \Gamma^v_{kk}A_v + A_k\partial_k)\psi + \left(\frac{2e}{c}\right)^2 A_k^2\psi\right] + \\ +\alpha\psi + \beta|\psi|^2\psi = 0 \tag{5}$$

$$\frac{1}{\sqrt{g^{kk}}}\partial_u\left[\frac{1}{\sqrt{g^{uu}g^{vv}}}\partial_u\left(\sqrt{g^{vv}}A_v\right) - \frac{1}{\sqrt{g^{uu}g^{vv}}}\partial_v\left(\sqrt{g^{uu}}A_u\right)\right] = \\ = \frac{4\pi}{c}\left[-\frac{ieh}{2m}(\psi^*\partial_k\psi - \psi\partial_k\psi^*) - \frac{2e^2}{mc}|\psi|^2 A_k\right] \tag{6}$$

Сверхпроводимость и особые решения в виде вихревых структур А.А. Абрикосова являются ярким примером макроскопического квантового эффекта. Вихри Абрикосова – топологические дефекты в сверхпроводниках второго рода, в которых магнитное поле проникает внутрь сверхпроводника в виде тонких, квантуемых трубок магнитного потока. В сверхпроводниках типа II формируются решётки, структура которых зависит от геометрии поверхности [3]. На поверхностях с отрицательной кривизной распределение вихрей может отличаться от классической треугольной решётки, наблюдаемой в евклидовых пространствах.

Задачи работы включают изучение решений, демонстрирующих спонтанное нарушение симметрии и формирование новых конфигураций вихрей. В теоретическом аспекте работа углубляет понимание природы калибровочных полей на искривлённых многообразиях, а полученные результаты актуальны для проектирования наноструктурных сверхпроводящих материалов, платформ квантовых вычислений и разработки технологий магнитной памяти, где управление динамикой вихрей имеет ключевое значение.

Список литературы

1. Kamerlingh Onnes H. Further experiments with liquid helium. The resistance of pure mercury at helium temperatures // Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. 1910–1911. V. 13. Pp. 1274–1276.
2. Гинзбург В.Л., Ландау Л.Д. К теории сверхпроводимости // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1950. Т. 20. № 12. С. 1064–1082.
3. Абрикосов А.А. Основы теории металлических сверхпроводников. М.: Наука, 1987. 320 с.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

УДК 531.3

АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМА СОЧЛЕНЕННОГО ТЕЛА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКОГОМЕХАНИЗМА

Журавлева А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»
zhyravlevaannadi555@gmail.com
Журавлева К.Д. студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Физико-механический институт
kseniyazhuravleva.dm@gmail.com

Алгоритм сочлененного тела (articulated body algorithm – ABA) был предложен Роем Физерстоуном[1] в 1983г. для решения прямой задачи динамики системы твердых тел с вращательными и поступательными сочленениями, образующими незамкнутую кинематическую цепь. Для описания ABA автор в [1] ввел 6-мерные векторы (spatial vectors) сил, ускорений, скоростей твердого тела и соответствующие векторные пространства с правилами преобразования координат этих векторов. Компактная запись в 6-мерных векторах уравнений динамики тел системы, позволила построить рекурсивный алгоритм решения прямой задачи без формирования общей матрицы инерции системы и ее обращения. В результате был достигнут рекордно малый порядок – $O(n)$ вычислительной трудоемкости решения прямой задачи динамики;n - число звеньев цепи. Было показано, что ABA легко можно адаптировать для систем тел, имеющих древовидную кинематическую структуру (антропоморфные механизмы), а также для систем со свободной («плавающей»)базой.

В нашей работе ABA использован для динамической симуляции плоского механизма, nзвеньев которого связаны идеальными цилиндрическими шарнирами и образуют линейную кинематическую цепь с неподвижной базой. Обобщенные координаты q_i – углы взаимного поворота звеньев, обобщенные силы Q_i – приводные моменты в сочленениях (i = 1,..,n).Матричная запись уравнений динамики плоского движения i–го звена в его локальной системе координат имеет вид:

$$\mathrm{R}_i = \mathrm{J}_i\alpha_i - \mathrm{W}_i + \mathrm{P}_i\mathrm{R}_{i+1}\,, \qquad (1)$$

Где $\mathbf{R}_i = (N_{ix}N_{iy}Q_i)^T$ –столбец усилий, действующих через i–й шарнир на i–е звено,

$$\mathbf{J}_i = \begin{pmatrix} m_i & 0 & 0 \\ 0 & m_i & 0 \\ -m_i r_{iy} & m_i r_{ix} & I_i \end{pmatrix}, \mathbf{W}_i = m_i \begin{bmatrix} \mathrm{g}_{ix} \\ \mathrm{g}_{iy} \\ -r_{iy}\mathrm{g}_{ix} + r_{ix}\mathrm{g}_{iy} \end{bmatrix}, \mathbf{P}_i = \begin{pmatrix} \cos q_{i+1} & -\sin q_{i+1} & 0 \\ \sin q_{i+1} & \cos q_{i+1} & 0 \\ L_i \sin q_{i+1} & L_i \cos q_{i+1} & 1 \end{pmatrix}$$

$m_i, I_i, \mathbf{r_i}(r_{ix}, r_{iy})$ – масса, центральный момент инерции, радиус-вектор центра масс звена, L_i – расстояние между осями шарниров звена, $\mathbf{g_i}(\mathrm{g}_{ix}, \mathrm{g}_{iy})$ –гравитационное ускорение.

Кинематические соотношения между скоростями и ускорениями звеньев

$$\omega_i = \omega_{i-1} + \dot{q}_i\,,\ \alpha_i = \mathrm{K}_i\alpha_{i-1} + \ddot{q}_i\mathrm{b}_i + \mathrm{c}_i\,,\ \omega_0 = 0,\ \alpha_0 = 0 \qquad (2)$$

где $\boldsymbol{\alpha}_i = (a_{ix}a_{iy}\varepsilon_i)^T$ –столбец ускоренийi–го звена,

$$\mathbf{K_i} = \begin{pmatrix} \cos q_i & \sin q_i & -\rho_{iy} \\ -\sin q_i & \cos q_i & \rho_{ix} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \mathbf{b_i} = \begin{pmatrix} -r_{iy} \\ r_{ix} \\ 1 \end{pmatrix}, \mathbf{c}_i = -\omega_{i-1}^2 \begin{pmatrix} \rho_{ix} \\ \rho_{iy} \\ 0 \end{pmatrix} - \left(\dot{q}_i^{\mathbf{2}} + 2\omega_{i-1}\dot{q}_i\right) \begin{pmatrix} r_{ix} \\ r_{iy} \\ 0 \end{pmatrix},$$

ω_i, ε_i – угловые скорость и ускорение звена, $\mathbf{a_i}(a_{ix}, a_{iy})$ – ускорение его центра масс, $\boldsymbol{\rho_i}(\rho_{ix}, \rho_{iy}) = \overrightarrow{\mathrm{C}_{i-1}\mathrm{C}_i}$– вектор, соединяющий центры масс соседних звеньев.

Используя (1) и (2) удается преобразовать (1) к виду $\mathrm{R}_i = \mathrm{A}_i(\mathrm{q})\alpha_i + \mathrm{B}_i(\mathrm{q},\dot{\mathrm{q}})$, где

$$\mathrm{A}_n = \mathrm{J}_n\,, \mathrm{A}_{i-1} = \mathrm{J}_{i-1} + \mathrm{P}_{i-1}\mathrm{A}_i\mathrm{K}_i - \mathrm{P}_{i-1}\mathrm{A}_i\mathrm{b}_i\frac{\mathrm{A}_i'\mathrm{K}_i}{\mathrm{A}_i'\mathrm{b}_i}\,, (i = n, \dots, 2) \quad (3)$$

$$\mathrm{B}_n = -\mathrm{W}_n\,, \mathrm{B}_{i-1} = \mathrm{P}_{i-1}\mathrm{A}_i\mathrm{b}_i\frac{Q_i - \mathrm{A}_i'\mathrm{c}_i - \mathrm{B}_i'}{\mathrm{A}_i'\mathrm{b}_i} + \mathrm{P}_{i-1}(\mathrm{A}_i\mathrm{c}_i + \mathrm{B}_i) - \mathrm{W}_{i-1}, (i = n, \dots, 2) \quad (4)$$

и получить выражения для обобщенных ускорений.

$$\ddot{q}_i = \frac{Q_i - \mathrm{A}_i'\mathrm{K}_i\alpha_{i-1} - \mathrm{A}_i'\mathrm{c}_i - \mathrm{B}_i'}{\mathrm{A}_i'\mathrm{b}_i}, \quad (i = 1, \dots, n). \quad (5)$$

В (3)-(5) штрих означает выделение 3-й строки матрицы, т.е. $\mathrm{M}' = (0\ \ 0\ \ 1)\mathrm{M}$.

Далее решение прямой задачи, т.е. вычисление обобщенных ускорений $\ddot{q}_1, \ddot{q}_2, \dots, \ddot{q}_n$по известным обобщенным координатам$q_1, q_2, \dots, q_n$, скоростям $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n$и обобщенным силам $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$строится как два последовательных цикла:

- в первом, по *i*= *n*, …, 1,вычисляются согласно (3), (4) все матрицы $\mathbf{A}_i$,$\mathbf{B}_i$;
- во втором, по *i*= 1, …,*n*, находятся при помощи (5) все обобщенные ускорения$\ddot{q}_i$.

Описанный алгоритм реализован в виде программы в среде MATHCAD. Для интегрирования по времени использовалась встроенная процедура **rkfixed** метода Рунге-Кутта.

Приводятся результаты расчета движения пятизвенной цепи с шарнирно закрепленным концом под действием собственного веса. Для проверки достоверности результата выполнялся контроль изменения механической энергии системы.

Список литературы

1. Featherstone R. The calculation of robot dynamics using articulated body inertias // International Journal of Robotics Research. 1983. V. 2. № 1. Pp.13-30.

УДК 051

НЕЙРОСЕТЕВАЯ КОРРЕКЦИЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА

Климов О.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
gerceg0808@yandex.ru
Научный руководитель: Галанин М.П., д.ф.-м.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Работа посвящена разработке и исследованию нового подхода к повышению точности численного решения одномерного линейного уравнения переноса с использованием методов машинного обучения, а именно искусственных нейронных сетей. Целью проводимой работы является минимизация погрешности, возникающей при дискретизации пространства и времени. Традиционные численные методы, такие как методы конечных разностей и конечных элементов, хотя и являются универсальными инструментами для решения дифференциальных уравнений, могут давать значительные ошибки в сложных случаях [1].

Для устранения этих ошибок предложен алгоритм, основанный на применении нейронных сетей [2]. Суть метода заключается в построении сети, обученной решению задачи регрессии, корректируя при этом результаты, полученные классическими численными методами. Таким образом, нейросетевая модель должна компенсировать недостатки традиционных алгоритмов, снижая общую величину погрешности решения.

В рамках исследования реализована полносвязная нейросетевая модель, состоящая из входного слоя, пяти скрытых полносвязных слоев и выходного слоя с линейной функцией активации [3]. Модель обучалась на парах «искаженное - точное» решениях уравнения

переноса, сгенерированных с помощью системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. Обучающая выборка содержала 1000 пар данных, тестовая — 100 пар, что позволило оценить эффективность предложенного метода на решении начально – краевой периодической по пространству задаче для начальных условий разного вида: двух треугольных (левом и правом) и прямоугольном профилях.

Проведенные эксперименты показали значительное улучшение точности численного решения после применения нейросетевой коррекции. В частности, среднее относительное уменьшение погрешности составило около 31% для первого тестового случая, 40% для второго и 37% для третьего. При этом максимальное уменьшение погрешности достигало 62%, что подтверждает достаточно высокую эффективность предложенного подхода.

Результаты работы демонстрируют потенциал комбинированных методов, объединяющих классические численные методы с технологиями машинного обучения, для численного моделирования процессов переноса. Такие процессы включают теплопроводность, диффузию, газо- и гидро- динамику и другие области физики и инженерии, где точность решения играет решающую роль. Разработанный подход открывает новые возможности для повышения качества численного решения без существенного увеличения вычислительных затрат, делая его привлекательным для практического применения в научных и инженерных задачах.

Список литературы

1. Галанин М.П., Савенков Е.Б. Методы численного анализа математических моделей: учеб. пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 592 с.
2. Николенко С.И., Кадурин А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение: монография. СПб.: Питер, 2022. 476 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / пер. с англ. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.

УДК 519.6

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ В БИНАРНОЙ СМЕСИ

Кочаровский С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
k.stephen.03.19@gmail.com
Научный руководитель: Гусев А.О., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В работе рассмотрена задача о естественной конвекции в двухкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости. Для описания процессов переноса в системе используются уравнения Навье — Стокса и уравнения конвективного тепло- и массообмена в приближении Буссинеска [1]. С помощью метода конечных объёмов построена консервативная разностная схема [2], гарантирующая выполнение законов сохранения массы, импульса, внутренней и кинетической энергии. Метод решения полученной системы нелинейных алгебраических уравнений основан на расщеплении по физическим процессам: сначала из аппроксимации уравнений Навье — Стокса определяется поле скоростей жидкости, затем из уравнений конвективного тепло- и массопереноса определяется распределение температуры и концентрации.

Предложенная разностная схема использовалась для изучения равновесия горизонтального слоя однокомпонентной жидкости, подогреваемого снизу. В рамках численных экспериментов число Рэлея уменьшалось до тех пор, пока возмущения, задаваемые в статическом профиле температуры, не начинали затухать. Расчеты показали, что в слое

жидкости с аспектным соотношением 1:10, $Ra_{cr} \approx 1730$. Полученные результаты согласуются с аналитическим решением задачи об устойчивости равновесия бесконечного горизонтального слоя жидкости.

Изучена структура течений, возникающих в двухкомпонентной жидкости при различных соотношениях концентрационного и теплового чисел Рэлея $N = Ra_c/Ra_T$. Для этого рассмотрена квадратная расчетная область, в которой в начальный момент времени заданы линейный горизонтальный градиент температуры и концентрации. Показано, что при $N < 1$ структура течения определяется температурным градиентом: жидкость вращается по часовой стрелке, поднимаясь вверх вдоль горячей стенки области и опускаясь у холодной. При $N \backsimeq 1$ движение характеризуется тремя вихрями, два из которых расположены в углах области и определяются перепадом температуры, а третий в центре –неоднородностями в распределении концентрации. При $N > 1.25$ интенсивность центрального вихря значительно увеличивается, структура течения в области преимущественно определяется концентрационным градиентом, жидкость вращается против часовой стрелки. Результаты расчетов согласуются с данными представленными в работе [3].

Список литературы

1. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. 1972. М.: Наука, 1972. 392 с.
2. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. М.: Наука 1992. 424 с.
3. Nishimura T., Imoto T., Wakamatsu M. A Numerical Study of Double-Diffusive Natural Convection in a Rectangular Enclosure Filled with Binary Gas // Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. 1996. V. 62. № 597. Pp. 271–277.

УДК 519.61, 519.63. 517.95

РЕШЕНИЕ МНОГОФАЗНОЙ ЗАДАЧИ СТЕФАНА

Новоселова Ю.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
julietnovoselova@list.ru
Научный руководитель: Гаргянц Л.В., к.ф-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Задачи Стефана представляют собой важный класс математических моделей, описывающих процессы теплопереноса с фазовыми переходами. Данная работа посвящена разработке и анализу численных методов решения таких задач в одномерном и многофазном случаях, что имеет значительное прикладное значение в физике, материаловедении и инженерных расчетах.

В первой части исследования предложен эффективный численный метод решения одномерной задачи Стефана. Ключевая идея метода заключается в сглаживании разрывных коэффициентов и функции точечного источника, что позволяет избежать трудностей, связанных с негладкостью решения. На основе этого подхода построена полностью неявная разностная схема, обладающая свойством безусловной устойчивости. Важным преимуществом метода является автоматический выбор параметра сглаживания, что делает его удобным для практического использования. Проведенные вычисления и сравнение с известным автомодельным решением подтвердили высокую точность предложенного алгоритма. В качестве иллюстрации работы метода приведены численные решения для двухфазной задачи, включая построение графиков границы раздела фаз и распределения температуры.

Вторая часть работы посвящена более сложному случаю — многофазным задачам Стефана. Показано, что линии фазовых переходов в таких задачах соответствуют точке минимума строго выпуклой функции конечного числа переменных [1]. Это наблюдение позволило применить для их нахождения эффективные методы оптимизации, такие как метод Ньютона и метод внутренних штрафных функций. Численные эксперименты для двухфазных и трехфазных конфигураций продемонстрировали согласованные результаты, полученные обоими методами, что свидетельствует о корректности подхода. Визуализация решений в виде графиков наглядно демонстрирует поведение границ раздела фаз и распределение температурных полей.

В третьей части исследования изучены автомодельные решения многофазной задачи Стефана для уравнения теплопроводности на полупрямой. Доказано, что соответствующая нелинейная алгебраическая система для определения свободных границ обладает градиентной структурой, а ее решение соответствует экстремуму явно заданной строго выпуклой функции [2]. Это фундаментальное свойство позволило эффективно применять численные методы минимизации, в частности метод внутренних штрафных функций, для нахождения границ раздела фаз. Полученные решения для двухфазного и трехфазного случаев не только подтверждают работоспособность метода, но и расширяют возможности его практического применения.

Таким образом, в работе разработаны и обоснованы эффективные численные методы решения широкого класса задач Стефана. Полученные результаты имеют как теоретическое значение, внося вклад в математическое моделирование процессов с фазовыми переходами, так и практическую ценность, предоставляя надежные инструменты для инженерных и научных расчетов.

Список литературы

1. Панов Е.Ю. О структуре слабых решений задачи Римана для вырождающегося нелинейного уравнения диффузии // Соврем. мат. фундам. направл. 2023. Т. 69. В. 4. С. 676–684.

2. Панов Е.Ю. Автомодельные решения многофазной задачи Стефана на полупрямой, // Соврем. мат. Фундам. направл. 2024. Т. 70. В. 3. С. 441-450.

УДК 517.929.5

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА-БЕРНУЛИ КОЛЕБАНИЙ БАЛКИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ СЖАТИЮ, СО СМЕШАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Пахотин А.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
hast19892205@gmail.com
Научный руководитель: Рудаков И.А., д.ф.-м.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

1. Постановка задачи

Рассматривается нелинейное уравнение Эйлера-Бернулли, описывающее колебания упругой балки, подверженной продольному сжатию:

$$u_{tt} + u_{xxxx} + 2au_{xx} + g(x,t,u) = 0, \qquad 0 < x < \pi, t > 0; \tag{1}$$

$$u(0,t) = u_{xx}(0,t) = u(\pi,t) = u_x(\pi,t) = 0, \qquad t > 0; \tag{2}$$

$$u(x,t+T) = u(x,t), \qquad 0 < x < \pi, t > 0; \tag{3}$$

$$T = 2\pi\tfrac{b}{c};\ b,c \in \mathbb{N}, \text{НОД}(b,c) = 1,\ a > 0; \tag{4}$$

где a – параметр сжатия, $g(x,t,u)$ – не линейная функция, удовлетворяющая условиям антисимметрии и степенного роста, условие в 0 соответствует шарнирному закреплению, а в π – жесткой заделке.

Стоит отметить что с 1970 года публиковалось множество работ для уравнения Эйлера-Бернулли с $a = 0$, начиная с 2018 года активно появляются публикации с $a < 0$(характеризует случай предварительного растяжения балки) [1,3]. Но публикаций с $a > 0$ еще не было.

2. Линейная задача

Проводится исследование свойств дифференциального оператора $L = \partial_{tt} + \partial_{xxxx} + 2a\partial_{xx}$. Методом разделения переменных решаются 2 задачи Штурма-Лиуввиля – по времени и пространству. Именно пространственной задаче уделено пристальное внимание:

$$\begin{cases} X^{IV}(x) + 2aX''(x) = \lambda X(x), 0 < x < \pi; \\ X(0) = X''(0) = X(\pi) = X'(\pi) = 0; \end{cases}$$

Для множества $\{\lambda_n\}$ доказана ограниченность снизу и получена асимптотика положительных собственных значений:

$$\lambda_n = \left(n + \frac{1}{4} - \frac{a}{2n + o\left(\frac{1}{n}\right)}\right)^4, \qquad n \longrightarrow \infty$$

таким образом получен первый член асимптотики в формуле Назарова[2,с. 71].

3. Нелинейная задача

Пусть функция g удовлетворяет следующим условиям:

$$g(x,t,-u) = -g(x,t,u), \forall\ (x,t,u) \in \Omega \times \mathbb{R}; \quad (5)$$

$$A_1|u|^r + A_3 \geq A_2|u|^{r-1} + A_4, \forall\ (x,t,u) \in \Omega \times \mathbb{R}, r > 2, \frac{A_2}{2} > \frac{A_1}{r}; \quad (6)$$

Для нелинейной задачи: доказана следующая теорема:

Теорема. Если выполнены условия (4)-(6), то задача (1)-(3) имеет не ограниченную в $L_r(\Omega)$ последовательность обобщенных решений $\{u_m\} \subset H_2(\Omega) \cap C^1(\Omega)$ и при этом $(u_m)_{xx} \in C(\Omega)$.

В доказательстве был использован вариационный принцип, а именно совпадение решений нелинейной задачи со стационарными точками следующего функционала:

$$J(u) = \int_\Omega \left(\frac{1}{2} L[u]u + \frac{1}{r}|u|^r\right) dxdt \quad (7)$$

Работа развивает методы исследования нелинейных краевых задач для уравнения Эйлера-Бернулли. Полученные результаты могут быть применены в задачах строительной механики и анализа устойчивости конструкций.

Список литературы

1. Rudakov I.A. Periodic solutions of the Euler–Bernoulli quasilinear vibration equations for a beam with an elastically fixed end // Math. Notes. 2004. V. 115 № 5. Pp. 800–808.
2. Nazarov A.I., Nikitin Y.Y. Exact L2-small ball behavior of integrated Gaussian processes and spectral asymptotics of boundary value problems // Probability Theory and Related Fields. 2004. № 4. Pp. 469-494.
3. Rudakov I.A. On periodic solutions of a beam vibration equation // Di. Equat. 2018. V. 54. I. 5. Pp. 687695. DOI: 10.1134/S0012266118050117.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (ФН-3)»

УДК 534.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВУХСТЕПЕННОГО МАЯТНИКА С УПРУГОЙ СВЯЗЬЮ

Афентьев А.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
aafentev2005@mail.ru
Научный руководитель: Дьяченко М.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Математический маятник является наиболее простой для исследования колебательной системой. Данную модель удобно использовать в качестве эквивалентной колебательной системы, например, при расчёте колебаний бака с жидкостью. Математические маятники можно объединить в систему при помощи упругих связей, в результате чего получаются системы, анализ которых значительно сложнее анализа систем с одной степенью свободы. Дифференциальные уравнения получающихся колебательных систем являются нелинейными, что значительно затрудняет их решение и анализ соответствующих решений.

Целью данного исследования является построение графиков зависимости обобщённых координат, выбранных для исследуемой колебательной механической системы при инерционном возбуждении, и амплитудно-частотной характеристики.

Исследуемая система состоит из двух точечных маятников массами M и m, скреплённых с подвижной безынерционной платформой при помощи невесомых стержней одинаковой длины l, концы которых соединены между собой безынерционной пружиной жёсткости c. Внешнее и внутреннее трения не учитывались при построении математической модели. Расстояние между шарнирами d_o. При длине пружины d_o она является ненагруженной. В качестве обобщённых координат выбраны углы отклонения стержней от вертикали. Плоскость задачи вертикальная, а платформа движется по горизонтали по гармоническому закону (1):

$$s = s_0\, sin(pt + \beta) \tag{1}$$

где s_0- амплитуда смещения обобщённой координаты, p - частота внешнего воздействия, β - фаза.

Для составления дифференциальных уравнений движения механической системы были использованы уравнения Лагранжа II-го рода. В результате вычислений была получена следующая система нелинейных дифференциальных уравнений. Для получения аналитического решения она была линеаризована разложением тригонометрических функций в ряды Тейлора. Таким образом получили следующую систему линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} Ml^2\ddot{\varphi} + (Mgl + cl^2)\varphi - cl^2\psi = Mls_0p^2\, sin(\, pt + \beta) \\ ml^2\ddot{\psi} + (mgl + cl^2)\psi - cl^2\varphi = mls_0p^2\, sin(\, pt + \beta) \end{cases} \tag{2}$$

В ходе дальнейшего исследования полученной системы дифференциальных уравнений были получены её полные решения в случае и в отсутствие совпадения главных частот механической системы и частоты внешнего воздействия, а также выявлено условие отсутствия резонанса (3) при совпадении второй главной частоты и частоты внешнего воздействия

$$a_{2s} = -\frac{a_{1s}}{\eta_{22}} \tag{3}$$

где a_{2s} и a_{1s} - коэффициенты при произведении первых производных от обобщённых координат в полученных формулах для кинетических энергий:

$$T_1 = \frac{\dot{\varphi}^2}{2} a_{11} + \dot{\varphi}\dot{s}a_{1s} + \frac{\dot{s}^2}{2} a_{s1} \quad (4)$$

$$T_2 = \frac{\dot{\psi}^2}{2} a_{22} + \dot{\psi}\dot{s}a_{2s} + \frac{\dot{s}^2}{2} a_{s2} \quad (5)$$

Список литературы

1. Теория колебаний: учеб. для вузов / Под общ. ред. К.С. Колесникова. 2-е изд., стереотип. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 272 с.
2. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний: учебное пособие. / 4-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 256 с.

УДК 531.391.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ТРЕХСТЕПЕННОГО МАЯТНИКА

Власьянова В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
varvaravlasyanova@gmail.com
Данич М.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
fcbfanforever@mail.ru
Научный руководитель: Дьяченко М.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В конструкциях современной техники часто возникают колебательные и вибрационные движения. Для их описания часто используются маятниковые модели с приведенными параметрами. В данной работе рассмотрены и исследованы колебания трехстепенного математического маятника. Для линеаризованной модели найдены амплитудные и частотные характеристики.

Рассмотрим маятниковую модель с голономными стационар удерживающими связями, состоящую из безынерционных стержней длинны l и точечных грузов одинаковой массы m. Механическая система имеет устойчивое положение равновесия. Дифференциальные уравнения движения составлены с помощью уравнения Лагранжа второго рода [1]. Также провели исследовались свободные и вынужденные колебания консервативной системы.

Для описание движения были введены три обобщенные координаты: α_1, α_2, α_3. Полученные для них дифференциальные уравнения свободных колебаний имеют вид:

$$\begin{cases} ml^2[3\ddot{\alpha}_1 + 2\ddot{\alpha}_2\cos(\alpha_2-\alpha_1) + \ddot{\alpha}_3\cos(\alpha_3-\alpha_1) - \\ -2\dot{\alpha}_2^2\sin(\alpha_2-\alpha_1) - \dot{\alpha}_3^2\sin(\alpha_3-\alpha_1)] = -3mgl\sin\alpha_1 \\ ml^2[2\ddot{\alpha}_2 + 2\ddot{\alpha}_1\cos(\alpha_2-\alpha_1) + 2\dot{\alpha}_1^2\sin(\alpha_2-\alpha_1) + \\ +\ddot{\alpha}_3\cos(\alpha_3-\alpha_2) - \dot{\alpha}_3^2\sin(\alpha_3-\alpha_2)] = -2mgl\sin\alpha_2 \\ ml^2[\ddot{\alpha}_3 + \ddot{\alpha}_1\cos(\alpha_3-\alpha_1) + \ddot{\alpha}_2\cos(\alpha_3-\alpha_2) + \\ +\dot{\alpha}_1^2\sin(\alpha_3-\alpha_1) + \dot{\alpha}_2^2\sin(\alpha_3-\alpha_2)] = -mgl\sin\alpha_3 \end{cases} \quad (1)$$

Для упрощения линеаризовали систему,

$$\begin{cases} 3l\ddot{\alpha}_1 + 2l\ddot{\alpha}_2 + l\ddot{\alpha}_3 + 3g\alpha_1 = 0 \\ 2l\ddot{\alpha}_1 + 2l\ddot{\alpha}_2 + l\ddot{\alpha}_3 + 2g\alpha_2 = 0 \\ l\ddot{\alpha}_1 + l\ddot{\alpha}_2 + l\ddot{\alpha}_3 + g\alpha_3 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Найдем парциальные частоты данной системы:

$$n_1 = n_2 = n_3 = \sqrt{\frac{g}{l}} \tag{3}$$

Получим частотное уравнение:

$$x^3 - 9n^2x^2 + 18n^4x - 6n^6 = 0, \text{ где } x = \omega^2 \tag{4}$$

При его решении выразили три главные частоты:

$$\begin{aligned} \omega_1^2 &= 0,416n^2 \\ \omega_2^2 &= 2,294n^2 \\ \omega_3^2 &= 6,29n^2 \end{aligned} \tag{5}$$

При их помощи получили коэффициенты распределения амплитуд [2]:

$$\begin{aligned} \eta_{21} = 1,29 \quad \eta_{22} = 0,35 \quad \eta_{23} = -1,64 \\ \eta_{31} = 1,63 \quad \eta_{32} = -2,4 \quad \eta_{33} = 0,77 \end{aligned} \tag{6}$$

Окончательно обобщенные координаты примут вид:

$$\begin{aligned} \alpha_1(t) &= A_{11}\sin(\omega_1 t + \beta_{10}) + A_{12}\sin(\omega_2 t + \beta_{20}) + A_{13}\sin(\omega_3 t + \beta_{30}) \\ \alpha_2(t) &= \eta_{21}A_{11}\sin(\omega_1 t + \beta_{10}) + \eta_{22}A_{12}\sin(\omega_2 t + \beta_{20}) + \eta_{23}A_{13}\sin(\omega_3 t + \beta_{30}) \\ \alpha_3(t) &= \eta_{31}A_{11}\sin(\omega_1 t + \beta_{10}) + \eta_{32}A_{12}\sin(\omega_2 t + \beta_{20}) + \eta_{33}A_{13}\sin(\omega_3 t + \beta_{30}) \end{aligned} \tag{7}$$

Математическая модель применима для исследования сложных динамических систем в целом, в которых несущее тело двигается вращательно и для относительного движения применима маятниковая модель.

Список литературы

1. Дронг В.И., Дубинин В.В., Ильин М.М. Курс теоретической механики: учебник для вузов / В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин и др.; под общ. ред. К. С. Колесникова. 2-е изд., стер. Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 736 с.
2. Harman N.N. Motion of a Triple Rod Pendulum // Authorea. URL: https://www.authorea.com/users/259349/articles/412491-motion-of-a-triple-rod-pendulum (Дата обращения 05.05.2025).
3. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний: учебное пособие. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2003. 256 с.

УДК 534-14, 534.131.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОЙ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

Маркина Ю.А., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
myuabmstu@yandex.ru
Научный руководитель: Темнов А.Н., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В данной работе исследуются параметры устойчивости колебаний жидкости в частично заполненном баке космического аппарата при комбинированном воздействии продольных и поперечных вибрационных нагрузок, возникающих в активной фазе полёта ракеты-носителя. Актуальность проблемы обусловлена возникновением инерционных сил и моментов, порождаемых колебательными процессами, которые могут оказывать существенное влияние

на управляемость и устойчивость летательных аппаратов, поскольку могут взаимодействовать с системой управления через контур обратной связи [1].

Для описания динамики жидкости применяется эквивалентная маятниковая модель, представляющая собой упрощенную механическую систему, состоящую из маятника точечной массы и неподвижной жесткой массы. Модель учитывает слабую нелинейность и наличие вязкого демпфирования. Продольная составляющая возбуждения обусловлена модуляцией вектора тяги двигательной установки и описывается гармонической функцией. Таким образом, система находится под параметрическим воздействием, зависящим от внешнего возбуждения и внутренних параметров.

На основе уравнения Лагранжа второго рода получено обобщённое уравнение движения, приведённое к безразмерной форме, аналогичной уравнению Маттье, но содержащее нелинейный кубический член, демпфирующий член и внешнее гармоническое возбуждение. Для анализа устойчивости малых колебаний свободной поверхности используется теория Флоке, что позволяет построить диаграммы устойчивости в плоскости параметров возбуждения и демпфирования [2].

Численные расчёты показывают, что с ростом коэффициента демпфирования области параметрического резонанса сужаются, а амплитуда колебаний уменьшается. Проведён анализ поведения системы в двух характерных точках параметрического пространства: в первом случае наблюдается расходимость решений и быстрое развитие неустойчивости, во втором — устойчивое затухающее поведение. Фазовые траектории переменной обобщённого угла отражают характер динамики и подтверждают полученные выводы.

Проведённое исследование закладывает теоретическую базу для дальнейшего анализа нелинейной динамики колебаний большой амплитуды, а полученные результаты могут быть использованы при разработке топливных систем и методов активного демпфирования колебаний.

Список литературы

1. Akyildiz H. A numerical study of the effects of the vertical baffle on liquid sloshing in two-dimensional rectangular tank // Journal of Sound and Vibration. 2012. V. 331. Pp. 41–52.
2. Nayfeh A.H., Mook D.T. Nonlinear oscillations. New York: John Wiley & Sons, 1979. 673 p.

УДК 531.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Остафичук Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
ostafichukda@student.bmstu.ru
Шевченко А.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
shevchenkoao@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Обносов К.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Настоящее исследование посвящено анализу устойчивости по Ляпунову положений равновесия двух консервативных механических систем, обладающих двумя степенями свободы и подчиняющихся голономным связям.

В рамках работы были составлены уравнения Лагранжа II рода и численно проинтегрированы в математическом пакете Wolfram Mathematica. Была представлена функция Ляпунова, являющаяся полной механической энергией. На основании первой

теоремы Ляпунова доказана устойчивость положения равновесия. Далее построены ε-окрестность, представляющая собой 4-х мерную сферу, и δ-окрестность, которые связывают все четыре параметра механической системы: две обобщённые координаты и две обобщённые скорости. Построение окрестностей осуществлялось в соответствии с аналогом методологии, изложенной в учебнике И.М. Бабакова [1].

Отдельно были построены графики потенциальных энергий, как функций двух обобщенных координат. Для дальнейшего анализа была выбрана одна потенциальная яма, содержащая точку с координатами (0;0), которая соответствует локальному минимуму данной поверхности. Проведены две линии уровня; потенциальная энергия на верхней плоскости определяет полную механическую энергию системы. Замкнутые кривые, возникающие в результате пересечения графика потенциальной энергии с соответствующими линиями уровня, были построены в пространстве обобщённых координат. В качестве исходных данных для исследования выбраны точки, принадлежащие внутренней кривой. Предложена интерпретация полученных окрестностей в терминах ε-δ с помощью построения интегральных кривых динамической системы в конфигурационном пространстве, а также наложением их на графики потенциальных энергий, что позволило наглядно описать поведение системы в окрестности положения равновесия.

Отдельное внимание было уделено демонстрации построения ε-δ окрестностей в пространстве фазовых скоростей. В качестве параметра δ было выбрано минимальное из двух значений, соответствующих фазовым скоростям, ε-окрестность определялась из построения единой ε-сферы для функции Ляпунова. В качестве параметризации соответствующих окрестностей были выбраны окружности.

Была также рассмотрена идея сведения динамической системы к системе с меньшим числом степеней свободы, что описано Э.Т. Уиттекером [2] с использованием интеграла энергии. Для обеих задач получены дифференциальные уравнения второго порядка.

Список литературы

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Дрофа, 2004. 593 с.
2. Уиттекер Э.Т. Аналитическая динамика / пер. И. Г. Малкин. 2-е изд., испр. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 500 с.

СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 3937

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРЕХМЕРНОЙ КОЛЛОИДНОЙ СУСПЕНЗИИ В КОНИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Бондарева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
aksinjiapolkun2016@gmail.com
Драгун М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
maxi.dragun2@yandex.ru
Кохановская А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
sashakv7@gmail.com
Походяев О.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
olpokhod@gmail.com
Широкова А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»
shirokova2001@yandex.ru
Научный руководитель: Юрченко С.О., д.ф.–м.н., профессор, декан
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Методы микрофабрикации, основанные на управлении структурой на уровне отдельных частиц, заслуживают внимания, так как позволяют получать структуры с заданными свойствами. К таким методам относится управляемая самосборка. Наиболее универсальный и при этом эффективный метод самосборки это использование внешних электрических или магнитных полей для управления межчастичным взаимодействием. Самосборка – явление, при котором «строительные блоки»: от коллоидных частиц до клеток и иных микроскопических объектов, самоорганизуются в упорядоченные структуры под воздействием внешних сил. В данный момент существует множество экспериментальных работ по получению и исследованию самосборок в магнитных полях, однако они сосредоточены на двумерных структурах [1]. Получение трехмерных структур открывает возможности для создания более сложных систем, что расширяет область применения. Так, целью данной работы стала разработка экспериментальной системы для управления взаимодействием коллоидов при помощи конических вращающихся магнитных полях.

Основным условием осуществления данного метода является использование сольвента и диспергируемого в нем вещества с высоким контрастом магнитной восприимчивости. Так, в качестве сольвента был выбран водный раствор с массовым содержанием глицерина 71%. Также использовались суперпарамагнитные коллоидные сферические частицы полистирола с включением оксидов железа диаметром 3,9 мкм. Оптимальное массовое содержание частиц в суспензии составляло 1–4%.

Под воздействием магнитного поля частицы поляризуются и приобретают дипольный момент. Благодаря диполь-дипольному взаимодействию и быстро вращающемуся полю результирующее межчастичное взаимодействие представляет собой дальнодействующее притяжение. Трехмерное коническое магнитное поле создается при помощи шести магнитных катушек и блока генерации. Две катушки с воздушным сердечником располагаются в вертикальной плоскости. В горизонтальной плоскости вокруг кюветы с образцом располагаются четыре соленоидные катушки с ферритным сердечником. Такая конфигурация позволяет создавать поле с вектором магнитной индукции, описывающим конус. Частота вращения вектора магнитной индукции может изменяться в диапазоне от 10 до 1000 Гц. В зоне

образца максимальная величина магнитной индукции горизонтального поля составляет 15 мТл, а вертикального – 20 мТл.

Ввиду того, что характерное время в системе микрочастиц составляет порядок нескольких секунд, изучение протекающих процессов требует визуализации с высоким временным разрешением микронных объектов в том числе в объеме, а не только на поверхности. Данным требованиям отвечает метод световой плоскостной микроскопии, который лег в основу разработанной установки: коллоидная суспензия освещается при помощи плоскостного лазера с длиной волны излучения 473 нм. Изображение захватывается со всего освещенного слоя, составляющего ~ 100 мкм, и регистрируется перпендикулярно к плоскости лазера. Наблюдение за объектом исследования производится в режиме реального времени с видеофиксацией до 15 кадров в секунду.

Получаемое изображение позволяет однозначно определить координаты x и y положения каждой частицы. Для определения координаты z используется различие профиля рассеяния изображения частиц в зависимости от расстояния до фокусной плоскости. Нашим коллективом была определена зависимость площади и периметра детектируемой области изображения частицы от координаты по оси z [2]. На основе разработанного алгоритма строятся траектории движения частиц в трехмерном пространстве. Такая обработка экспериментов позволяет затем анализировать механизм коллоидной самосборки в пространстве, что открывает путь к исследованиям кинетики фазовых переходов в трехмерных коллоидных системах с управляемым взаимодействием.

Собранная установка позволила провести эксперименты по наблюдению коллоидной самосборки, в ходе которой произошло объединение коллоидных частиц в различные структуры: трехмерные кластеры, вытянутые цепочки и иные извилистые структуры. Созданная экспериментальная система перспективна для разработки методов фабрикации и 3D принтинга на новых принципах функциональных материалов и био-совместимых материалов.

Список литературы

1. Hilou E., Joshi K., Biswal S. L. Characterizing the spatiotemporal evolution of paramagnetic colloids in time-varying magnetic fields with Minkowski functionals // Soft Matter. 2020. V. 16. № 38. Pp. 8799-8805. DOI: 10.1039/D0SM01100B.
2. Симкин И.В., Широкова А.А., Швецов А.И. и др. Метод исследования механизмов трехмерной самосборки коллоидных микрочастиц с применением глубокого обучения // Письма в Журнал технической физики. 2024. Т. 50. № 24. С. 22-25.

УДК 004.032.26

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНДИКАЦИИ

Глазунов В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
vitalyglazunoff@yandex.ru
Научный руководитель: Голяк И.С., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
igorgolyak@yandex.ru
Научный консультант: Глушков В.Л., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
vladimirglushkov@yandex.ru

Современные оборонные, авиационные и космические системы активно используют комплексы обнаружения и сопровождения подвижных объектов для решения широкого

спектра задач: от навигации и пилотирования летательных аппаратов до мониторинга воздушного пространства и обеспечения безопасности [1]. Сопровождение воздушных целей в реальном времени требует использования интеллектуальных алгоритмов, способных эффективно обрабатывать данные и обеспечивать быстрое наведение на подвижные объекты. В таких условиях нейросетевые регуляторы представляют собой перспективную альтернативу классическим алгоритмам управления, обеспечивая адаптивность и автономность, не требуя предварительного построения математической модели объекта управления [2].

В работе проведён сравнительный анализ трёх подходов к управлению опорно-поворотным устройством (ОПУ): классического пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора) с ручной настройкой параметров; ПИД-регулятора с параметрами, оптимизированными с использованием генетического алгоритма; нейросетевой модели.

Экспериментальная установка состояла из ОПУ с максимальной угловой скоростью 1.396 рад/с и камеры машинного зрения с частотой кадров 36 Гц и автоматически регулируемым фокусным расстоянием в диапазоне от 6.8 до 136 мм. Камера формировала видеопоток, который обрабатывался в реальном времени для определения координат целевого объекта. На основе этих координат система управления ОПУ корректировала его положение.

Классический ПИД-регулятор с ручной настройкой показал ограниченные возможности совмещения цели с центром экрана при управлении ОПУ только угловой скоростью по одной из осей. При начальном расположении объекта в крайнем правом положении и вращении только вокруг вертикальной оси время совмещения составило 1.38 с; при крайнем верхнем положении и вращении лишь вокруг горизонтальной оси — 2.02 с. Оптимизация параметров ПИД-регулятора с помощью генетического алгоритма сократила эти значения до 1.14 с и 0.99 с соответственно.

При установке на ОПУ дополнительного оборудования изменяются его инерционные характеристики, что может существенно повлиять на динамику системы. В таких условиях оптимизированный ПИД-регулятор может оказаться недостаточно эффективным для обеспечения требуемого качества управления. В рамках экспериментов на ОПУ была установлена дополнительная нагрузка массой 7.5 кг. В результате было зафиксировано увеличение времени наведения: до 1.50 с при вращении вокруг вертикальной оси и до 1.93 с при вращении вокруг горизонтальной оси.

Для повышения адаптивности была разработана нейросетевая модель, принимающая на вход нескорректированные составляющие ПИД-регулятора. Скрытый слой включал 16 нейронов, а на выходном слое формировалась угловая скорость вращения. Обучение проводилось с использованием оптимизационного алгоритма Adam [3]. В условиях добавленной нагрузки 7.5 кг и при тех же исходных конфигурациях (объект в крайнем правом или верхнем положении, управление только по одной оси) модель обеспечила время совмещения 1.34 с при вращении вокруг вертикальной оси и 1.01 с — вокруг горизонтальной оси.

В результате проведённой работы разработана система сопровождения подвижных объектов индикации, в которой реализована комбинированная схема управления ОПУ на основе ПИД-регулятора с коэффициентами, оптимизированными генетическим алгоритмом, и нейросетевой модели. Такая комбинация позволила значительно сократить время наведения и повысить устойчивость системы к внешним воздействиям, обеспечивая точное и надёжное сопровождение цели в реальном времени.

Список литературы

1. Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е. Степашкин А.И. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. 176 с.

2. Феофилов Д.С. Сравнительный анализ качества процессов управления для нейросетевых и классических регуляторов. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 11. С. 68-72.
3. Kingma D.P., Ba J.L. Adam: A method for stochastic optimization // arXiv.org. 2014. URL: https://arxiv.org/pdf/1412.6980 (Дата обращения 29.04.2025).

УДК 53.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОМОЛЕКУЛЯРНОГО ЭФФЕКТА ИСПАРЕНИЯ

Григорян Г.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
henri@bk.ru
Давлетшина Р.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
rena.davletshina@yandex.ru
Каманин М.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
kamaninmaksim59@gmail.com
Научный руководитель: Гладышева Я.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Фотомолекулярный эффект испарения является новым явлением, при котором свет напрямую испаряет жидкости без значительного нагрева. В отличие от привычного теплового испарения, этот механизм предполагает прямое взаимодействие фотонов на молекулы воды. Особый интерес представляют гидрогели, чья пористая структура усиливает эффект. Фотомолекулярное испарение может быть широко распространено в природе, потенциально влияя на климат и рост растений, и может быть использовано для получения чистой воды и энергетических технологий.

Фотомолекулярный эффект испарения, в отличие от классического теплового испарения, предполагает прямое взаимодействие светового излучения с молекулярной структурой жидкости. Согласно фундаментальным уравнениям Максвелла [1], перпендикулярная составляющая вектора электрического смещения ($\vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E}$) должна оставаться непрерывной при переходе через границу раздела фаз. Для системы воздух-вода, будет получаться соотношение:

$$\varepsilon_1 \cdot E_{1\perp} = \varepsilon_1 \cdot E_{2\perp}, \quad (1)$$

где диэлектрические проницаемости для воздуха $\varepsilon = 1$ и для воды $\varepsilon \approx 1{,}8$. Данное граничное условие теоретически приводит к разрыву нормальной составляющей электрического поля. Однако в эксперименте, переход происходит в тонком поверхностном слое толщиной $3 - 7$Å, где наблюдается резкий градиент электрического поля. Особенность рассматриваемого механизма заключается в воздействии на полярные, но электрически нейтральные молекулы воды (кластеры воды), обладающие значительным дипольным моментом (1.8D (Дебая) для одиночной молекулы, увеличивающимся до 2.8D в кластерах). Такая поляризация соответствует эффективному разделению зарядов на $\sim$0,5Å. В условиях сильного градиента поля это приводит к возникновению квадрупольной силы (сила, действующая на электрически нейтральную, но обладающую квадрупольным моментом систему зарядов в неоднородном электрическом поле), способной выталкивать кластеры из жидкости при определенной фазе колебаний светового поля. Энергетический баланс процесса определяется разностью между энергией фотона $\hbar\omega$ и энергией связи кластера $\Delta \sim n\Delta_1$, где n - число внешних связей кластера, а Δ_1 - средняя энергия отдельной связи. Преобразование этой разности в кинетическую энергию вылетающих молекул объясняет высокую эффективность фотомолекулярного

испарения без существенного нагрева жидкости.

Гидрогели представляют собой уникальный класс материалов, которые обладают способностью удерживать значительное количество воды или других жидкостей в своей структуре, сохраняя при этом форму и механическую целостность. Они состоят из трёхмерной сетки полимерных цепей, связанных между собой химическими или физическими взаимодействиями, такими как ковалентные связи, водородные связи, ионные взаимодействия или гидрофобные ассоциации [2]. Благодаря своей пористой структуре и высокой гидрофильности гидрогели способны впитывать воду в объёмах, многократно превышающих их собственную массу, что делает их похожими на мягкие ткани живых организмов. Эта особенность обуславливает их широкое применение в различных областях, включая медицину, биотехнологии, сельское хозяйство и материаловедение.

В рамках данной работы, было проведено исследование фотомолекулярного эффекта на изготовленных образцах гидрогеля, полученных различными методами. Облучение образцов лазерным излучением ($\lambda = 561$ нм) при фиксированной температуре (24°C) в течении 60 минут выявило уменьшение массы на 12%, что подтверждает фотомолекулярный эффект и явление испарения воды под действием света.

Список литературы

1. Chen G., Liu X., Xu Y. et al. Effect: Visible light interaction with air-water interface // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). 2023. V. 120. №. 52. DOI: 10.1073/pnas.2312751120.

2. Моргачева А.А. Разработка и исследование новых гидрогелевых материалов для медицинского применения: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06 / Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. Москва, 2018. 145 с.

УДК 543.4

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НЕДИСПЕРСИОННОГО ИНФРАКРАСНОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Карпов И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
karpovia@internet.ru
Костерова А.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
kosterovaa2002@mail.ru
Научный руководитель: Фуфурин И.Л., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Рост концентраций парниковых газов антропогенного происхождения приводит к необходимости оценки роли наземных экосистем в формировании баланса атмосферно-биосферных потоков энергии и вещества [1].

В связи с этим особую актуальность приобретают методы высокочастотного мониторинга, такие как метод турбулентных пульсаций (Eddy Covariance Method), позволяющий измерять потоки CO_2 и H_2O в приземном слое атмосферы. Целью данной работы стала разработка алгоритмов и методики анализа данных, получаемых с помощью разработанного недисперсионного инфракрасного (NDIR) газоанализатора, для последующего расчета потоков парниковых газов указанным методом.

Научная новизна работы заключается в применении четырехканального NDIR-газоанализатора открытого типа с принципиально новой схемой модуляции дискретного ИК излучения, обеспечивающего высокочастотные измерения концентраций H_2O и CO_2. Для

обработки экспериментальных данных было разработано специальное программное обеспечение на языке Python, реализующее алгоритмы метода турбулентных пульсаций, включая расчет осушенной мольной доли CO_2 и турбулентных потоков.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанных программно-аппаратных комплексов для автоматизированного мониторинга экосистем. Такие системы позволяют в реальном времени регистрировать потоки паров воды и углекислого газа, что является важным для изучения их роли в глобальном углеродном цикле и климатических изменениях.

Экспериментальная часть работы включала проведение полевых испытаний на учебной базе Камшиловка (МГТУ им. Н.Э. Баумана) осенью 2024 года. В ходе испытаний использовались NDIR-газоанализатор, анемометр 1590-PK-020/W Windmaster и газоанализатор LI-COR LI-7500A. Оценка чувствительности NDIR-газоанализатора показала, что среднеквадратичное отклонение для CO_2 составляет 0,19 ppm при концентрации 600 ppm и частоте измерений 10 Гц, что сопоставимо с заявленной чувствительностью LI-7500A, которая составляет 0,10 ppm.

В результате обработки первичных данных, а также проведения калибровки прибора, были получены временные зависимости концентраций CO_2 и H_2O. Для корректного вычисления потоков углекислого газа необходимо исключить влияние паров воды на измерение концентраций диоксида углерода, для этого была разработана методика расчета осушенной мольной доли CO_2 [2-3].

В заключение следует отметить, что проведенное исследование подтвердило эффективность применения NDIR-газоанализатора в сочетании с методом турбулентных пульсаций для задач экологического мониторинга. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение обладают значительным потенциалом для использования в климатических исследованиях, а также при создании систем мониторинга парниковых газов.

Список литературы

1. Бурба Г.Г. и др. Метод турбулентных пульсаций: краткое практическое руководство. Москва: ИПЭЭ им. АН Северцова РАН, 2016. 5 с.
2. Burba G. et al. Calculating CO2 and H2O eddy covariance fluxes from an enclosed gas analyzer using an instantaneous mixing ratio // Global Change Biology. 2012. V. 18. № 1. Pp. 385-399.
3. Baldocchi D.D. How eddy covariance flux measurements have contributed to our understanding of Global Change Biology// Global change biology. 2020. V. 26. № 1. Pp. 242-260. DOI: 10.1111/gcb.14807.

УДК 539.2/.19

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДОВ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ В ГРАДИЕНТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ В МЕТОДЕ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

Попов И.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
vanek.popov2018@yandex.ru
Научный руководитель: Еркович О.С., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В настоящее время метод функционала плотности является достаточно популярным инструментом расчета свойств многоэлектронных систем. В рамках этого метода энергия основного состояния электронной системы рассматривается как функционал электронной

плотности n(r), а не многоэлектронной волновой функции. Функционал полной энергии $E[n]$ может рассматриваться как сумма функционалов кинетической энергии электронного газа $T_S[n]$, классической энергии кулоновского отталкивания электронов $U[n]$, энергии взаимодействия с внешним полем $V[n]$ и обменно-корреляционной энергии $E_{XC}[n]$ [1]. Вклады $V[n]$ и $U[n]$ представляют собой интегральные функционалы функции плотности $n(r)$, точный вид которых известен. Функционалы кинетической и обменно-корреляционной энергии представляют собой однозначные функционалы $n(r)$, вид которых, тем не менее, может быть получен только в рамках различных приближений. В то время, как вид функционала обменно-корреляционной энергии хорошо исследован различными авторами, функционал кинетической энергии все еще рассчитывается преимущественно методом Кона-Шэма, хотя безорбитальные методы имеют свои преимущества: в частности, по мере роста числа электронов N, численная сложность метода Кона-Шэма быстро растет, в то время, как трудоемкость безорбитальных методов независима от N [2]. Кроме того, по мере увеличения N растет точность безорбитальных методов. Аппроксимация плотности кинетической энергии градиентным разложением, представляющее собой один из первых безорбитальных методов, особенно интересно тем, что получается не эмпирически, а из первых принципов, как обобщение теории Томаса-Ферми, и его линейный отклик в точности соответствует функции Линдхарда в длинноволновом пределе, что является важным признаком корректности полученных результатов. Определение вида функционала кинетической энергии как интегро-дифференциального функционала электронной плотности, в виде интеграла от плотности кинетической энергии, представленной в виде разложения по степеням градиента электронной плотности $n(r)$, позволяет повысить точность численных расчетов характеристик многоэлектронных систем при уменьшении их трудоемкости. Одной из проблем, как градиентного разложения, так и задачи поиска выражения для кинетической энергии, является слабая изученность нелинейного отклика, в частности отсутствует как конечное выражение для ядра нелинейного отклика, так и его разложение в ряд Тейлора в окрестности нуля, хотя данная задача частично рассматривалась Ваном и Тетером для исследования полученного ими нелокального функционала кинетической энергии [3]. Кроме того, недостаточно раскрыта тема эквивалентных представлений объемной плотности кинетической энергии, которая задана с точностью до дивергенции некоторой векторной функции в пространстве интегрируемых функций L_1.

В рамках работы было получено ядро нелинейного отклика 2-го порядка в импульсном пространстве с применением теории возмущений в модели почти однородного электронного газа. Было получено ядро отклика градиентного разложения. Были рассмотрены эквивалентные представления функционала кинетической энергии и предложены эквивалентные преобразования ядра отклика 2-го порядка – операции прибавления к ядру некоторого «нулевого» ядра (с точностью до постоянного множителя), переводящего ядро отклика исходного представления к ядру отклика эквивалентного представления, позволяющие оптимизировать функционал кинетической энергии. Было показано полное соответствие полученного с помощью теории возмущений ядра отклика и ядра отклика градиентного разложения с точностью до эквивалентных преобразований.

Полученное ядро отклика может быть напрямую применено для вычисления кинетической энергии электронного газа с большим числом электронов (например, для металлов) в импульсном пространстве, особенно для систем с малыми длинноволновыми возмущениями. Предложенные эквивалентные преобразования позволяют говорить о неоднозначности ядра отклика и могут быть использованы для упрощения функционала кинетической энергии и количества численных расчетов (например, путем уменьшения числа скалярных произведений в объемной плотности функционала).

Список литературы
1. Schleder G.R. et al. From DFT to machine learning: recent approaches to materials science–a review // Journal of Physics: Materials. 2019. V. 2. №. 3. Pp. 032001. DOI: 10.1088/2515-7639/ab084b
2. Wang Y.A., Carter E.A. Orbital-free kinetic-energy density functional theory // Theoretical methods in condensed phase chemistry. 2000. V. 5. Pp. 117-184. DOI: 10.1007/0-306-46949-9.
3. Mi W. et al. Orbital-free density functional theory: An attractive electronic structure method for large-scale first-principles simulations // Chemical Reviews. 2023. V. 123. № 21. Pp. 12039-12104. DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00758.

УДК 535.93

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕРМООПТИЧЕСКИХ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ

Серкин Д.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
schagacha@yandex.ru
Научный руководитель: Бузаверов К.А., инженер 1 кат.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «ФМНС», Лаборатория микро- и наносистем.

Создание устройств для обработки и передачи данных на базе интегральной фотоники, таких как оптические квантовые сопроцессоры и твердотельные лидары, требует разработки эффективных методов модуляции с низкими потерями, высокой пропускной способностью и энергетической эффективностью. В современных фотонных интегральных схемах применяются различные механизмы модуляции: электрооптические (на основе эффекта Поккельса или плазменной дисперсии), механические (MEMS) и термооптические [1]. Каждый из этих механизмов имеет свои преимущества и ограничения. Несмотря на относительно низкий термооптический коэффициент нитрида кремния, термооптические фазовращатели обеспечивают простую и относительно масштабируемую технологию с ограничением по частоте модуляции до 100 кГц, что значительно ниже по сравнению с электрооптическими модуляторами (до нескольких ГГц), но при этом они имеют более низкие оптические потери и не требуют p-n переходов или особых электрооптических материалов.

В данной работе проведено исследование основных типов конструкций термооптических фазовращателей на основе металлических резисторов из титана и волноводов из нитрида кремния для уменьшения потребляемой мощности для сдвига фазы на π. Численное моделирование с помощью метода конечных элементов позволило сравнить различные конфигурации нагревателей и определить оптимальные геометрические параметры, обеспечивающие потребляемую мощность менее 210 мВт. Был проведён сравнительный анализ эффективности различных металлов для нагревателей (титан, алюминий, тантал, молибден), титановые нагреватели показали наилучшую энергоэффективность. Дополнительно была разработана технология изготовления фазовращателей с воздушными траншеями, что позволило снизить энергопотребление до 94 мВт при сохранении низких потерь распространения в волноводах (менее 0,05 дБ/см).

Для экспериментальной оценки характеристик фазовращателей была разработана методика измерений на базе фотонной зондовой станции с использованием трёх типов интерферометров Маха-Цендера с различной оптической задержкой, обусловленной разностью длин оптических путей 100, 200 и 300 мкм. Статические характеристики фазовращателей измерялись с помощью перестройки длины волны лазерного источника в диапазоне 1540–1560 нм с шагом 0,1 пм, что позволило рассчитать индуцированный фазовый сдвиг с высокой точностью. Анализ динамических характеристик проводился путём

модуляции управляющего сигнала нагревателей прямоугольными импульсами с последующей регистрацией оптического отклика на осциллографе. В результате была измерена постоянная времени термооптического отклика, составившая 14 мкс, что определяет предельную частоту модуляции разработанного устройства. Результаты экспериментальной оценки подтвердили значительное снижение потребляемой мощности для сдвига фазы на π 195 мВт, что соответствует результатам численного моделирования с погрешностью менее 10%. При этом частота модуляции по амплитуде достигла 10 кГц.

Сравнительный анализ с другими типами модуляторов показал, что разработанные фазовращатели обеспечивают оптимальное сочетание низких оптических потерь, умеренного энергопотребления и достаточной для многих приложений частоты модуляции. В отличие от электрооптических модуляторов, они не требуют высоких управляющих напряжений и сложных высокочастотных цепей подачи сигнала, что упрощает их интеграцию в системы со множеством каналов. Разработанные фазовращатели предлагается интегрировать в твердотельные системы сканирования и матричные вычислительные системы, где их низкие вносимые потери становятся ключевым преимуществом. Этот подход открывает перспективы для создания компактных и высокопроизводительных фотонных устройств, востребованных в квантовой вычислительной технике и системах дистанционного зондирования.

Список литературы

1. Parra J., Navarro-Arenas J., Sanchis P. Silicon thermo-optic phase shifters: a review of configurations and optimization strategies // Advanced Photonics Nexus. 2024. V. 3. № 4. DOI: 10.1117/1.apn.3.4.044001.

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

УДК 677.494

СМАЧИВАЕМОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ И АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ПРОПИТКЕ ПОЛИМЕРНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

Данилова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
katyusha.danilova.02@yandex.ru
Иваньков Р.Р., аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
Научный руководитель: Котомин С.В., д.х.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Смачиваемость углеродных и арамидных волокон полимерными связующими играет важную роль при формировании адгезионного контакта волокно-матрица, что, в конечном итоге, сказывается на свойствах армированных пластиков, прежде всего на прочности при растяжении, сдвиге и ударной вязкости [1,2].

Основными параметрами, которые определяют смачиваемость углеродных волокон жидкими связующими, являются химическая природа полимерной матрицы, а также состояние поверхности наполнителя. Распространенные методы изучения краевого угла смачивания мононитей или капиллярного поднятия жидкого связующего по жгуту являются, как правило, статическими и отличаются от условий смачивания в реальных динамических условиях пропитки волокон при получении композитов. Для изучения смачиваемости был использован метод, предложенный в работе. Суть метода заключается в изучении растекания полимерного связующего, нанесенного на горизонтально натянутый жгут углеродного или арамидного волокна, с дальнейшим отверждением и определением длины и массы пропитанного участка.

В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидное связующее марки ВСЭ-30 производства ВИАМ [3] и цианоакрилатное связующее (клей) «Супер-клей» фирмы Master hand (КНР). В качестве объектов исследования были выбраны отечественные высокопрочные углеродные волокна– UMT42S-3K (далее – УВI) и UMT49S-12K (далее – УВII), а также арамидный жгут Русар - НТ.

Показано, что содержание цианакрилатного связующего в пропитанном участке арамидного жгута составляет 0.95 масс. д., что существенно выше, чем у эпоксидного связующего 0.67 масс. д. Это можно объяснить как различной смачиваемостью, так и различной вязкостью полимерных связующих. В случае УВI и УВII содержание эпоксидного связующего в пропитанном участке оказалось практически одинаково - 0.68 масс. д. и 0.67 масс. д. соответственно. Содержание цианокрилатного клея в пропитанном участке составило 0.65 масс. д. для УВI и 0.41 масс. д. для УВII. Таким образом, эпоксидное связующее и цианокрилатный клей по-разному смачивают углеродные и арамидные волокна в условиях капиллярной пропитки. Это связано с различием в химической природе и структуре волокон.

Список литературы

1. Сидорина А.И. Модификация поверхности углеродных армирующих наполнителей для полимерных композиционных материалов электрохимической обработкой (обзор). // Труды ВИАМ. 2022. № 4. (110). С. 61-74.
2. Ilyin S.O., Kotomin S.V. Effect of nanoparticles and their anisometry on adhesion and strength in hybrid carbon-fiber-reinforced epoxy nanocomposites. // Journal of Composites Science. 2023. V. 7. I. 4. DOI: 10.3390/jcs7040147.

3. Связующее эпоксидное марки ВСЭ-30 с температурой отверждения до 120 °С. URL: https://catalog.viam.ru/catalog/epoksidnye/svyazuyushchee-epoksidnoe-marki-vse-30-s-temperaturoy-otverzhdeniya-do-120-/] (Дата обращения 31.03.2025).

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ И САХАРИНА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ ПЛЕНОК СПЛАВА NIFE

Лозников Д.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение»
d_loznikov@mail.ru
Научные руководители: Котельникова А.Н., м.н.с.
НПЦ НАН Беларуси по материаловедению;
Войнова О.Н., учитель физики и астрономии
ГУО «Средняя школа им. Я. Купалы № 19 г. Минска»

Цель работы: исследовать влияние режимов электроосаждения и блескообразователя сахарина на химический состав и микроструктуру поверхности пленок сплава NiFe.

Актуальность работы заключается в отсутствии в современной научной литературе модели, описывающей совместное влияние импульсно-реверсного режима электроосаждения и наличия/отсутствия сахарина в электролите на микроструктуру поверхности пленок сплава NiFe.

Электроосаждение — метод синтеза покрытий и пленок на проводящей поверхности за счет восстановления ионов в электролите под действием электрического тока. Данный способ имеет такие преимущества, как простота и низкая стоимость оборудования и расходуемых материалов, возможность получения покрытий на подложках любой геометрической формы, высокие скорости роста покрытий и пленок. [1]

Объектом исследования являются электроосажденные пленки сплава NiFe, которые, благодаря своим свойствам, широко применяются в микроэлектронике. Они используются в качестве функциональных магнитных материалов в датчиках магнитного поля, устройствах магнитной записи, а также материала для элементов спинтроники и электромагнитных экранов для защиты функциональной электроники от постоянных магнитных полей и электромагнитных излучений. Сплавы NiFe с высоким содержанием никеля являются прекрасным материалом для использования в качестве функционального покрытия, обеспечивающего как механическую защиту, так и защиту от электромагнитных и магнитных полей. [2, 3]

Предметом исследования является химический состав, морфология поверхности и механизмы роста объектов исследования.

Проведены комплексные исследования химического состава и микроструктуры поверхности пленок сплава NiFe, осажденных из электролитов, содержащих и не содержащих блескообразующую добавку сахарин.

В процессе работы были получены следующие результаты: Установлены закономерности влияния режимов электроосаждения и параметров тока на состав и микроструктуру поверхности пленок сплава NiFe. Сформулирована модель поведения сахарина в условиях импульсного и импульсно-реверсного токов и его влияния на механизм роста зерен сплава.

Выявленные закономерности между условиями синтеза, механизмами формирования пленок сплава NiFe позволяют предсказать влияние технологических параметров электроосаждения на их состав и морфологию, которые, в свою очередь, оказывают определяющее влияние на физико-механические свойства указанных пленок. Полученные

результаты открывают широкие перспективы для контролируемого получения пленок NiFe с желаемыми характеристиками.

Новизна полученных результатов заключается в установлении особенностей влияния режимов электроосаждения на микроструктуру поверхности пленок сплава NiFe. Сформулирована модель поведения сахарина в различных режимах электроосаждения и его влияния на механизм роста зерен пленок сплава NiFe.

Экспериментальная часть работы была выполнена на базе Лаборатории физики магнитных пленок «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» под руководством младшего научного сотрудника Котельниковой Анны Николаевны.

Список литературы

1. Ильюшенко Л.Ф., Шелег М.У., Болтушкин А.В. Электролитически осажденные магнитные пленки. Минск: Наука и техника, 1979. 280 с.
2. Котельникова А.Н. Электроосаждение сплавов NiFe при постоянном, импульсном и импульсно-реверсном токе / Котельникова А. Н. и др. // Молодежь в науке-2021. 2021. С. 259-262.
3. Su C.W. et al. Electrodeposition of Ni, Fe and Ni-Fe alloys on a 316 stainless steel surface in a fluorborate bath // Electrochim. Acta. 2009. V. 54. № 26. Pp. 6257-6263.

УДК 543.26

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК ПРИ СИНТЕЗЕ ОКСИДА ИНДИЯ НА ЕГО СТРУКТУРУ И СЕНСОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мияссарова А.Ф., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
miassarowa.albina@yandex.ru
Научный руководитель: Иким М.И., к.ф.-м.н., с.н.с.
ФИЦ ХФ РАН, Лаборатория функциональных нанокомпозитов

На сегодняшний день промышленная деятельность, активное использование неэкологичных транспортных средств являются основными источниками выбросов в атмосферу, что не только приводит к загрязнению окружающей среды, но и создает угрозу безопасности и здоровью человека. В связи с этим возникает необходимость контролировать выбросы токсичных, легковоспламеняющихся и взрывоопасных газов. Газовые датчики все шире применяются как эффективные средства измерения концентрации различных газов в атмосфере.

Наиболее широко в качестве чувствительного материала в газовых сенсорах применяются полупроводниковые оксиды металлов, что обусловлено простотой процесса приготовления, относительной низкой стоимостью и высокими значениями временами отклика и восстановления на целевые соединения [1]. Однако постоянно изучаются пути снижения рабочей температуры, улучшения отклика и селективности методами легирования ионами металлов, получением новых материалов, изменением условий синтеза.

Известно, что оксид индия In_2O_3, который относится к полупроводникам n-типа, характеризуется высокой концентрацией и подвижностью электронов проводимости, высокой термической стабильностью [2]. В связи с этим его использование в качестве материала для чувствительных слоев уделяется все большее внимание. Принцип работы металлоксидных сенсоров заключается в изменении проводимости при протекании обратимых химических реакций с детектируемым газом. Изменения проводимости, вызванные электронным переносом, происходят при адсорбции и десорбции молекул газа на поверхности оксида металла [3]. Поэтому морфология поверхности, структура оксида, размер частиц могут оказывать значительное влияние на сенсорные характеристики при детектировании

различных газов. Следовательно, актуальным является рассмотрение возможности улучшения газочувствительных свойств изменением свойств поверхности, что может контролироваться подбором методики синтеза материала.

В данном работе исследовано влияние применения в ходе гидротермального синтеза таких органических добавок, как мочевина и глицин, на структуру и сенсорные свойства оксида индия при обнаружении 100 ppm водорода. Структура полученных образцов охарактеризована методом рентгеновской дифракции и низкотемпературной адсорбции азота. Проводимость и сенсорный отклик синтезированных образцов при детектировании 100 ppm H_2 измеряли на специальной установке в диапазоне температур от 280 до 520°C.

Методом рентгенофазового анализа было показано, что все синтезированные образцы не зависимо от состава добавки имеют кубическую структуру оксида индия. Использование органических добавок в процессе синтеза приводит к уменьшению размера частиц In_2O_3 от 39 нм до 19 нм. При исследовании свойств полученных образцов при детектировании малых концентраций водорода установлено, что уменьшение размера частиц способствует увеличению величины отклика и снижению рабочей температуры, что можно объяснить увеличением числа активных центров на поверхности, большей удельной площадью поверхности и повышенной концентрацией поверхностных электронов.

Список литературы

1. Saruhan B., Lontio Fomekong R., Nahirniak S. Influences of semiconductor metal oxide properties on gas sensing characteristics // Frontiers in Sensors. 2021. V. 2. Pp. 657931.
2. Ikim M. I. et al. Synthesis, structural and sensor properties of nanosized mixed oxides based on In_2O_3 particles // International Journal of Molecular Sciences. 2023. V. 24. № 2. Pp. 1570.
3. Barsan N., Weimar U.D.O. Conduction model of metal oxide gas sensors // Journal of electroceramics. 2001. V. 7. Pp. 143-167.

УДК 577.18, 577.11, 544.77

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕЛЕНЫХ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Рыжкова А.С., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
ryzhkova_as@mail.ru
Научные руководители:
Верная О.И., к.х.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»;
Шабатина Т.И., д.х.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Наночастицы (НЧ) металлов и их оксидов, в частности, наночастицы серебра, обладающие собственными бактерицидными свойствами, являются перспективным решением вопроса резистентности патогенных микроорганизмов [1]. Эти частицы, в отличие от антибактериальных препаратов, разрушают бактериальные клетки, воздействуя на них по нескольким механизмам. Другим актуальным направлением современной фармацевтической химии является получение систем направленной доставки и контролируемого высвобождения лекарственных препаратов. Желатин – биополимер, обладающий высокой биосовместимостью и биоразлагаемостью, поэтому он является перспективным носителем в системах контролируемого высвобождения лекарственных веществ.

В настоящей работе методом криогенной сушки получены системы контролируемого высвобождения на основе желатина, содержащие антибактериальный препарат диоксидин, наночастицы серебра, и соединения, входящие в состав водного экстракта цветков календулы.

Диоксидин обладает широким спектром бактерицидного действия в отношении грамположительных и грамотрицательных патогенных микроорганизмов и легко отслеживается спектрофотометрически. Кроме того, для НЧ серебра и диоксидина характерен синергический эффект взаимного усиления антибактериальной активности [2]. НЧ серебра, входящие в состав данной системы, получены с помощью технологий экологичного зеленого синтеза: для восстановления ионов серебра и стабилизации НЧ использовали водный экстракт цветков календулы, компоненты которого обладают антиоксидантными и противовоспалительными свойствами.

Методами УФ- и ИК-спектроскопии показано, что серебро до металлического состояния восстанавливают вещества класса флавоноидов, входящие в состав растительного экстракта. Для зеленого синтеза НЧ серебра подобраны оптимальные условия: температура и концентрации растворов предшественников. Состав и размер НЧ серебра установлены методами УФ-спектроскопии, динамического светорассеяния и ПЭМ. Полученные системы контролируемого высвобождения представляют собой матрицы макропористого желатинового покрытия, содержащие активные компоненты. Состав и морфология полученных систем охарактеризованы методами УФ-, ИК-спектроскопии и СЭМ. В работе показано, что зависимости от условий криоформирования гибридных систем: параметров криогенной сушки, концентрации полимера в растворе-предшественнике природы сшивающего агента (формальдегида, глутарового альдегида, триполифосфата) меняется диаметр пор матрицы и время полного высвобождения лекарственного вещества. Антибактериальная активность полученных систем в отношении бактериальных штаммов *E. coli* и *M. cyaneum* определена диско-диффузионным методом в сравнении с индивидуальными компонентами.

Список литературы

1. Shabatina T.I., Vernaya O.I., Melnikov M.Y. Hybrid nanosystems of antibiotics with metal nanoparticles—novel antibacterial agents // Molecules. 2023. V. 28 (4). DOI: 10.3390/molecules28041603.
2. Shabatina, T.I., Vernaya, O.I., Nuzhdina, A.V. et al. Hybrid nanosystems based on an antibacterial preparation of dioxydine and metal nanoparticles (Ag and Cu) included in biopolymer cryostructures // Nanotechnol Russia. 2018. V. 13. Pp. 182–188.

УДК 543.26

СТРУКТУРА, ПРОВОДИМОСТЬ И СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДА ИНДИЯ: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА

Хабибуллина А.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
AgataKh2002@yandex.ru
Научный руководитель: Иким М.И., к.ф.-м.н.
ФИЦ ХФ РАН

Оксид индия (In_2O_3) является перспективным материалом для создания газовых сенсоров благодаря своим уникальным электрическим и оптическим свойствам [1,2]. В настоящей работе исследуется влияние различных спиртов-растворителей (этанол, этиленгликоль, вода) на структурные и сенсорные свойства порошков In_2O_3, синтезированных гидротермальным методом [3].

Получены порошки In_2O_3 с использованием различных спиртов. С помощью рентгеновской дифракции (XRD) установлено, что при использовании этанола образуется ромбоэдрическая структура In_2O_3, а при использовании этиленгликоля и воды — кубическая.

Для изготовления газовых чипов использовались порошки In_2O_3, которые смешивались с терпинеолом для получения пасты. Эта паста наносилась на чипы, после чего пленки формировались при температуре 550°. Исследование газочувствительных свойств показало, что наибольший отклик на водород с содержанием 0,1% демонстрируют образцы, синтезированные с использованием одноатомных спиртов, особенно этанола, с максимальным откликом 15,2. Образцы с этиленгликолем и водой показали отклик 11,6 и 12,6 соответственно. Это свидетельствует о том, что одноатомные спирты обеспечивают более высокую чувствительность по сравнению с двухатомными.

Этиленгликоль обеспечил наибольшую удельную поверхность (35.5 м²/г), что связано с образованием мезопористой структуры при гидротермальном синтезе. Однако высокие значения S_g не привели к увеличению сенсорного отклика (11.6), что объясняется плотной кубической упаковкой, ограничивающей доступ газа к активным центрам и наличием "закрытых" пор, не участвующих в газовой адсорбции. Этанол продемонстрировал оптимальное сочетание удельной поверхности (18.6 м²/г) и сенсорного отклика благодаря ромбоэдрической структуре с открытыми диффузионными каналами и эффективному использованию всей поверхности для взаимодействия с газом. Вода дала наименьшую S_g (12.3 м²/г), но средний отклик за счёт высокой концентрации кислородных вакансий, компенсирующих малую площадь поверхности и дефектов кристаллической решётки, создающих дополнительные активные центры.

Также с помощью данных о начальном сопротивлении образцов от температуры была рассчитана энергия активации для каждого из образцов с использованием уравнения Аррениуса. Наименьшая энергия активации была зафиксирована для образца с этанолом (0,0947 эВ), что указывает на более высокую реакционную способность этого материала.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии природы спиртов-растворителей на структурные и газочувствительные свойства порошков In_2O_3. Ромбоэдрическая структура, полученная с использованием этанола, демонстрирует наилучшие характеристики по чувствительности к водороду. Наименьшая энергия активации для образца с этанолом подтверждает его высокую реакционную способность. Эти результаты могут быть использованы для разработки высокочувствительных газовых сенсоров на основе In_2O_3, что особенно важно для мониторинга качества воздуха и обеспечения безопасности в промышленных условиях.

Список литературы

1. Mostafa N.Y., Badawi A., Ahmed S.I. Influence of Cu and Ag doping on structure and optical properties of In_2O_3 thin film prepared by spray pyrolysis // Results in Physics. 2018. V. 10. Pp. 126-131.
2. Xu X. et al. One-step synthesis and gas sensing characteristics of urchin-like In_2O_3 // Sensors and Actuators B: Chemical. 2013. V. 186. Pp. 61-66.
3. Ikim M.I. et al. Structural Characteristics of In_2O_3-Based Nanocomposites Synthetized by the Hydrothermal Method // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2022. V. 16. № 6. Pp. 1180-1181.

547.458.68/615.014.2

КОНКУРЕНТНОЕ АДДУКТООБРАЗОВАНИЕ ФЕНОЛФТАЛЕИНА И УРОТРОПИНА С БЕТА-ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ В ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ

Хромова Т.Д., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
xromova1969@mail.ru
Научный руководитель: Захаров А.Н., д.х.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В настоящее время в химии, медицине и фармацевтике широко развивается такое перспективное направление, как получение водорастворимых аддуктов на основе β-циклодекстрина. β-Циклодекстрин представляет собой циклический гептасахарид, получаемый в результате конденсации глюкозы из крахмала путем ферментативного катализа. Олигосахарид хорошо растворяется в воде и безопасен для организма человека (зарегистрирован в качестве пищевой добавки Е459), что позволяет применять β-циклодекстрин и его производные для получения лекарственных средств.

При комплексообразовании β-циклодекстрин посредством нековалентного взаимодействия связывает молекулу-гостя [1]. Эти нековалентные взаимодействия обусловлены множеством ван-дер-ваальсовских межмолекулярных связей, которые образованы главным образом вследствие диполь-дипольного или ион-дипольного взаимодействия между функциональными группами молекул-гостей и первичными и вторичными спиртовыми группами гликозидных фрагментов циклического полисахарида.

Существуют работы, в которых изучено образование комплексов включения β-циклодекстрина и молекулой-гостем с стехиометрическим соотношении 2:1 и 1:1 [2]. В трехкомпонентной системе реализуются два варианта: в первом случае предполагается образование тройного комплекса, а в другом варианте предполагается, что третий компонент системы разрушает ранее образованный аддукт путем вытеснения, замещая собой молекулу-гостя и формируя новый комплекс.

В данной работе было изучено поведение трехкомпонентной системы β-циклодекстрин-фенолфталеин-уротропин в боратном буфере с pH 9,7. Фотометрические измерения проводили на длине волны 553 нм, при которой наблюдается максимум поглощения раствора фенолфталеина. Было рассмотрено два случая: в первом фенолфталеин добавляли к комплексу уротропин:β-циклодекстрин, во втором случае уротропин добавляли к комплексу фенолфталеин:β-циклодекстрин. В первом случае не происходит обесцвечивания раствора фенолфталеина, что свидетельствует о том, что не происходит разрушения комплекса уротропин:β-циклодекстрин и образования аддукта фенолфталеин:β-циклодекстрин. Во втором случае при добавлении уротропина происходит повышение интенсивности окраски исследуемого раствора, свидетельствуя о том, что уротропин разрушает комплекс фенолфталеин:β-циклодекстрин и образует аддукт с β-циклодекстрином.

Фенолфталеин встраивается в полость молекулы-хозяина только одной фенольной группой, в то время как уротропин полностью встраивается в полостьβ-циклодекстрина. Таким образом, уротропин проявляет большее сродство к полости β-циклодекстрина и способствует разрушению аддукта фенолфталеин:β-циклодекстрин.

Список литературы

1. Lee J. et al. Noncovalent complexes of cyclodextrin with small organic molecules: Applications and insights into host–guest interactions in the gas phase and condensed phase // Molecules. 2020. № 18 (25). Pp. 4048. DOI: 10.3390/molecules25184048.
2. Alva-Ensastegui J.C. et al. Quercetin displacement caused by sodium dodecyl sulphate on inclusion complex quercetin-beta cyclodextrin in an acid environment // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2023. № 436 (1). № 114392. DOI: 10.1016/j.jphotochem.2022.114392.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

УДК 621.3.049.779

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА КАК ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Егоркина М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
mari.egor@mail.ru
Научный руководитель: Восторгина Е.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В эпоху цифровизации информационная безопасность становится крайне важной, и микроэлектроника играет в этом ключевую роль. Современные микрочипы не только повышают производительность устройств, но и обеспечивают защиту данных с помощью встроенных алгоритмов шифрования, анализируя информацию в реальном времени и предотвращая кибератаки. Особенно важна микроэлектроника в биометрической идентификации, где она защищает уникальные данные пользователей [1].

Микрочипы состоят из миллионов транзисторов — миниатюрных переключателей, объединённых в различные функциональные блоки процессора. Например, блок умножения содержит около 44 тысяч транзисторов, что лишь малая часть от общего числа. Транзисторы расположены под слоями металлических соединений, которые передают сигналы внутри чипа.

В процессорах есть 17 слоев металлических соединений, разделённых изоляцией: нижние слои связывают компоненты ядер, средние — вокруг ядер, верхние — между разными частями процессора. Чем выше слой, тем толще линии соединений. Современные транзисторы FinFET очень малы — размер канала около 36×6×52 нанометров.

Транзисторы работают с электрическим током, передавая данные в виде единиц и нулей, используя булеву логику для выполнения базовых операций. Миллиарды таких транзисторов объединяются в схемы процессоров, а их проектированием занимается компьютер.

Производство микрочипов включает три этапа: изготовление кремниевых пластин, проектирование и нанесение сложных схем с помощью фотолитографии и других технологий, а затем инкапсуляцию — защиту чипа специальным покрытием.

В информационной безопасности микроэлектроника создаёт надёжный барьер от угроз. Специализированные чипы, такие как TPM и HSM, хранят криптографические ключи и пароли в защищённом виде, предотвращая несанкционированный доступ [2].

Модуль доверенной платформы (TPM) — это встроенный в компьютер микрочип, который обеспечивает безопасность системы на аппаратном уровне. Он защищает данные с помощью шифрования, хранит ключи в безопасности, контролирует целостность загрузки и помогает обнаруживать вредоносные изменения. TPM также поддерживает удалённое управление и аутентификацию, повышая доверие к системе.

Аппаратный модуль безопасности (HSM) — это отдельное устройство для выполнения криптографических операций и управления ключами. В отличие от программных решений, HSM хранит ключи внутри себя и защищает их от взлома и утечек. Он генерирует, хранит и управляет ключами, а также выполняет шифрование и дешифрование данных.

Главное отличие: TPM обычно используется для защиты отдельных устройств и пользовательских данных, а HSM — для масштабной защиты в крупных организациях [3].

В современном мире микроэлектроника играет важную роль в кибербезопасности, обеспечивая надёжную защиту данных, безопасные коммуникации и доверие в цифровых системах. Чипы становятся основой для защиты нашего цифрового будущего благодаря своей способности противостоять новым угрозам.

Список литературы
1. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники. М.: Издательство ЛАНЬ, 2023. 320 с.
2. Trusted Platform Module (TPM) Specification, Version 2.0 / Trusted Computing Group, 2014. URL: https://trustedcomputinggroup.org/resource/tpm-library-specification/ (Дата обращения 10.06.2024).
3. Смирнов А.В., Кузнецова Е.Н. Аппаратные средства защиты информации: теория и практика // Информационная безопасность. 2022. № 4. С. 45–53.

УДК 621.355

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛЯТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Извальцева Е.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
izvaltsevaev@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Люминарская Е.С., д.ф.н., доцент
МГТУ им. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Электромобиль использует электрическую энергию для передвижения. В отличие от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, у которых происходит сгорание топлива, электромобиль использует электрический двигатель для создания силы, необходимой для движения.

Литий-ионный аккумулятор состоит из нескольких слоев с различным химическим составом. В основе его работы лежит электрохимический потенциал, суть которого заключается в том, что металлы стремятся «отдавать» свои электроны. Элементами данного вида аккумулятора являются оксид лития, электролит и графит. Электролит, помещенный между оксидом лития и графитом, служит барьером, пропускающим сквозь себя только ионы лития. Электроны же не могут проникать сквозь электролит и отталкиваются от него. В качестве электролита используется органическая соль лития, которая наносится на слой разделителя – дополнительного изолирующего слоя между электродами, препятствующего высыханию жидкого электролита от высоких температур.

Твердотельные аккумуляторы являются разрабатываемой технологией, которая заменяет жидкий электролит в традиционных Li-ion аккумуляторах на твердотельный электролит. Это изменение обещает более высокую энергетическую плотность, повышенную безопасность и быстрое время зарядки. Компании, такие как Toyota, QuantumScape и Solid Power, активно разрабатывают эту технологию для будущих электромобилей.

Во время заряда или разряда твердотельного аккумулятора ионы мигрируют в ионно-проводящую твердую матрицу, а не в ионную соль, растворенную в растворе, что приводит к протеканию реакций заряда или разряда. Окислительно-восстановительные реакции используются для хранения и распределения энергии в твердотельных батареях.

Li-Air аккумуляторы имеют потенциал достижения чрезвычайно высокой энергетической плотности, что делает их интересным вариантом для электромобилей. Они работают с использованием кислорода из воздуха в качестве материала катода, что снижает вес и стоимость. Однако Li-Air аккумуляторы сталкиваются с серьезными техническими проблемами, такими как низкая перезаряжаемость и разработка подходящего электролита, которые необходимо решить перед коммерческим использованием.

Ввиду того, что окислитель находится в окружающем воздухе, а не внутри батареи, а металлический литий имеет низкую плотность, такая система теоретически может сохранить и затем выдать столько же энергии на килограмм своего веса, что и бензиновый двигатель.

Na-ion аккумуляторы имеют сходства с Li-ion аккумуляторами по структуре и принципу работы, однако технология все еще находится в начальной стадии разработки.

Сравнение литий-ионных, твердотельных, литий-воздушных и натрий-ионных аккумуляторов показывает их различия в ключевых аспектах, таких как энергетическая плотность, безопасность, стоимость и время зарядки.

Литий-ионные аккумуляторы являются стандартом для современных электромобилей благодаря своей высокой энергетической плотности, малому весу и долгому сроку службы. К их основным преимуществам можно отнести: высокую энергетическую плотность, что обеспечивает большую дальность хода электромобилей; быстрое время зарядки, подходящее для массового использования, и широкую коммерческую доступность благодаря многолетним исследованиям. Но в то же время можно выделить и ряд недостатков, таких как снижение емкости со временем из-за накопления продуктов окисления и риск перегрева и возгорания при неправильной эксплуатации. Литий-ионные аккумуляторы остаются наиболее зрелой технологией для массового использования.

Твердотельные аккумуляторы заменяют жидкий электролит твердым, что повышает безопасность и потенциально увеличивает энергетическую плотность. Помимо этого, у них есть устойчивость к высоким температурам, что снижает необходимость в сложных системах охлаждения. Но на данном этапе разработки у данного типа аккумуляторов имеются проблемы с производительностью при комнатной температуре, что препятствует их нормальной эксплуатации.

Литий-воздушные аккумуляторы обладают теоретически самой высокой энергетической плотностью среди всех представленных технологий, что делает их перспективными для электромобилей, ведь высокая энергетическая плотность может обеспечить дальность хода, сопоставимую с бензиновыми двигателями. Помимо этого, использование кислорода из воздуха снижает вес и стоимость катода. Несмотря на все плюсы, у данного типа аккумуляторов имеется ряд недостатков: низкая перезаряжаемость и необходимость разработки подходящего электролита для стабильной работы.

Натрий-ионные аккумуляторы же рассматриваются как более доступная альтернатива литий-ионным благодаря дешевизне натрия. Их преимущества состоят в низкой стоимости за счет доступности сырья и экологичности в сравнении с литий-содержащими батареями. Но при этом они обладают низкой энергетической плотностью, что ограничивает их применение в мощных устройствах и имеют медленное время зарядки из-за больших размеров натриевых ионов.

Эволюция аккумуляторов для электромобилей характеризуется быстрыми технологическими прорывами и растущим использованием электромобилей. Таким образом, каждый тип аккумулятора имеет свои преимущества и недостатки, что делает их подходящими для различных приложений в зависимости от требований к производительности, стоимости и безопасности [1-3].

Список литературы

1. Кулова Т.Л., Скундин А.М. От литий-ионных к натрий-ионным аккумуляторам // Электрохимическая энергетика. 2016. Т. 16. № 3. С. 122-150.
2. Пиргулыева О., Реджепгулыев Т., Саидов Ы. Новые технологии и тенденции в области электрического транспорта // Вестник науки. 2025. Т. 4. № 2 (83). С. 514-517.
3. Терентьев Е.Е., Блянкинштейн И.М. Методика выбора типа аккумулятора для эксплуатации электромобилей в регионах с холодным климатом // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. № 1. С. 112-124.

УДК 62-03

УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В КРОВИ

Иришичев Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
irishichevda@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Румянцева В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им Н. Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Отслеживание здоровья космонавтов – одна из серьёзнейших задач, которая стоит перед конструкторами скафандров. В открытом космосе любое ухудшение здоровья может повлечь за собой гибель специалиста. Мониторинг частоты сердечных сокращений, электрокардиограммы и давление должен быть непрерывным, иначе можно опоздать со спасением человека. Но устройство отслеживания состояния здоровья обязано быть одновременно эффективным и удобным в использовании.[1]

То есть такое кольцо должно надеваться на палец руки и не мешать при работе в открытом космосе.

Непрерывный мониторинг здоровья предполагает не только постоянные измерения, но и оперативную отправку в Центр управления полётами этих данных. Эти данные, конечно, необходимо сразу же обрабатывать для определения текущей ситуации космонавта.

Также устройство должно работать длительное время, поэтому программное и аппаратное обеспечение нужно подстроить под наибольшую энергоэффективность. Устройство будет питаться от аккумулятора, что обеспечит некоторую автономность в процессе текущей работы.[2]

Такое устройство позволит оперативно отслеживать малейшие отклонения здоровья и предотвращать несчастные случаи, которые могут произойти во время работы в открытом космосе.

Прибор состоит из светодиода, фотодиода, микроконтроллера, модуля для передачи данных и аккумулятора для питания компонентов. Исследуемый объект (палец) помещается между светодиодом и фоторезистором. Свет проходит через толщу кожи, артерий, вен и кость пальца, подвергается поглощению, рассеиванию, отражению и, самое главное, преломлению, вследствие изменения показателей преломления всех сред из-за колебаний от ударов сердца. Именно это и исследуется при обработке сигнала с фоторезистора. В данном случае светодиод зелёный.

Для определения насыщенности крови кислородом, используется красный светодиод, для которого по изменению света, падающего на фоторезистор, определяется наличие кислорода в гемоглобине.

Зелёный свет контрастен по отношению к красному цвету гемоглобина, за счёт чего колебания сердца, влияющие на положение клеток крови в пространстве, различимы при анализе преломления падающего на фотодиод света.

Красный свет просвечивает молекулы кислорода в клетках, тем самым свет, падающий на фотодиод, отличается от света.

Список литературы

1. ЦНИИМАШ. Медицинский контроль состояния здоровья экипажа МКС выведен на новый уровень // Новости – Госкорпорация «Роскосмос». 12.05.2016. URL: https://www.roscosmos.ru/22229/ (Дата обращения 14.04.2025).
2. Схемы устройств мониторинга здоровья // radioskot.ru. 2010-2025. «Радиосхемы». URL: https://radioskot.ru/publ/medtekhnika/skhemy_ustrojstv_monitoringa_zdorovja/14-1-0-1628?ysclid=lgdikqjcvb329179042 (Дата обращения 14.04.2025).

УДК 621.3

RFID И NFC - СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Конторжевский А.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
chelyaka@mail.ru
Трухляев А.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
truhlyaev24@gmail.com
Научный руководитель: Восторгина Е.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

NFC (Near Field Communication – связь в ближнем поле) и RFID (Radio Frequency IDentification – радиочастотная идентификация) – это технологии беспроводной связи, которые позволяют устройствам взаимодействовать друг с другом без физического контакта при использовании [1].

Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (ридера) и отвечающего устройства (транспондера). Транспондер также называют тегом или меткой. На метку записывается уникальный номер, который нужен для её идентификации, он хранится на микрочипе. Обычно это происходит с помощью специального принтера или дубликатора. Микрочип хранит информацию об идентификаторе с помощью транзисторов с плавающим затвором. Когда нужно записать на микрочип данные, по транзисторам течет ток с большим напряжением (10-20 В), который заряжает затвор, окруженный диэлектриком. Изолирующий слой удерживает электроны, поэтому информация может храниться без энергии. Чтобы считывающее устройство смогло опознать метку, оно генерирует электромагнитное поле. Попадая в область действия поля, микрочип метки получает питание через антенну. В микрочипе небольшое напряжение подается на транзисторы. Если затвор транзистора заряжен, то поле заряда не дает течь току по транзистору, то есть он блокируется, что дает «логический ноль». Если же затвор транзистора не заряжен, то ток протекает, и мы получаем «логическую единицу». Так информация об идентификаторе передается на считывающее устройство с помощью модуляции принятого от него же сигнала. Принцип работы NFC схож с описанным ранее, однако есть ключевое отличие: NFC метка не отражает сигнал считывающего устройства, а генерирует новый. Это позволяет передавать более объемную информацию, в отличие от RFID меток, где сигнал просто модулируется, что ограничивает длину отправляемой информации.

Главная уязвимость беспроводных технологий заключается в самой сути этих технологий. Данные передаются по воздуху на определенном расстоянии. Нет гарантий что в области действия RFID- или NFC-систем не будет чужого устройства, которое может обрабатывать данные, передающиеся в таких системах. Например, так можно украсть данные с банковских карт, которые работают с помощью NFC. В дальнейшем злоумышленник сможет использовать эти данные для покупки в интернет-магазинах или в других целях. Другой тип уязвимости заключается в возможности несанкционированного клонирования меток. Обычно данной угрозе подвержены RFID метки, т.к. они не используют сложного шифрования как NFC метки. Например, злоумышленник получает доступ к метке, которая открывает дверь в офис, с помощью специального устройства клонирует её и таким образом получает возможность несанкционированного доступа в этот офис.

Можно предложить возможные решения для нейтрализации угроз информационной безопасности в NFC и RFID системах. Возвращаясь к примеру с кражей данных с банковской карты, становится понятно, что хорошим способом защиты будет экранирование от электромагнитных полей с помощью специального барьера. Материал барьера должен обладать свойством поглощения или отражения радиоволн. Хорошим примером такого

материала является алюминиевая фольга. Если покрыть устройство NFC системы фольгой, то она поглотит все радиоволны, что не даст злоумышленнику не санкционированно получить данные. Сейчас существуют уже готовые решения в виде экранированных кошельков для банковских карт, работающих при помощи NFC [2]. Главным способом защиты от клонирования будет усложнение самой метки. Сделать это можно, например, с помощью сложной системы шифрования или системы защиты от вмешательств, которая подразумевает изменение идентификатора при попытке клонирования. Оба эти способа реализуются путем разработки нового программного обеспечения с соответствующим функционалом. Однако для обеспечения данного программного обеспечения необходимо добавить метке собственный источник питания. Это, однако, существенно повлияет на эргономичность метки. Тем не менее, если необходимо сделать систему более безопасной, придется уступить в другом месте.

Подводя итог, можно сказать, что технологии NFC и RFID эффективны и удобны, однако несут с собой угрозы информационной безопасности, такие как возможность несанкционированного доступа и клонирования меток. Эти угрозы можно нейтрализовать с помощью таких методов защиты, как экранирование и создание сложной системы шифрования, работа которой обеспечивается собственным источником питания устройства.

Список литературы

1. Хамзаев Д.И., Хамзаев И.Х. Сравнительный анализ между RFID и NFC технологиями // Universum: технические науки. 2024. № 1 (118). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-mezhdu-rfid-i-nfc-tehnologiyami (Дата обращения 17.04.2025).
2. Гурьянов К.В. Современные риски бесконтактных платежей с использованием RFID-технологий // Базис. 2019. № 1 (5). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-riski-beskontaktnyh-platezhey-sispolzovaniem-rfid-tehnologiy (Дата обращения 17.04.2025).

УДК 621.3

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЕКТ: СИНЕРГИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БУДУЩЕГО

Корюнова Н.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
i_listikov@mail.ru
Усольцева А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Безопасность в цифровом мире»
daddy.sugar@bk.ru
Научный руководитель: Восторгина Е.С., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Современные электротехнические системы активно интегрируют искусственный интеллект (ИИ) для повышения эффективности и надежности. Ключевые направления включают: интеллектуальное управление энергосетями, предиктивную диагностику оборудования и оптимизацию энергопотребления. Например, алгоритмы машинного обучения (ML) анализируют нагрузки и перераспределяют энергопотоки, предотвращая перегрузки. Технологии Digital Twin и нейросетевые системы, такие как решения от Siemens и GE, прогнозируют износ оборудования, снижая риски аварий. Оптимизация энергопотребления достигается за счет LSTM-моделей и адаптивных систем компенсации реактивной мощности. Smart Grid с гибридными алгоритмами (Fuzzy Logic + SVM) балансируют генерацию и потребление в реальном времени. Однако внедрение ИИ сопряжено с проблемами: кибербезопасность, этические вопросы и высокие вычислительные затраты. Решения включают квантовую криптографию, блокчейн и энергоэффективные процессоры на базе

ARM Cortex-M. Перспективы развития связаны с автономными Smart Grids, интеграцией возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и P2P-энергорынками. ИИ трансформирует электротехнику в самообучающуюся экосистему, обеспечивая устойчивость и эффективность энергетики будущего [1–3].

Список литературы

1. Сергеев Л.И., Сергеев Д.Л., Юданова А.Л. Цифровая экономика: учебник для вузов / под ред. Л.И. Сергеева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2023. 437 с.
2. Маслов А.Н., Петров И.В. Применение нейронных сетей в задачах диагностики электрооборудования // Электротехника. 2023. № 4. С. 25–30.
3. Зыков С.А. Искусственный интеллект: методология и технология разработки интеллектуальных систем. М.: Горячая линия – Телеком, 2021. 328 с.

УДК 629.422.1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДАХ

Рудич Я.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
rudichyayu@student.bmstu.ru
Шпынкова В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»
shpynkova.viktoria@mail.ru
Научный руководитель: Деменев Д.А., ст. преподаватель,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
demenev@bmstu.ru

Высокоскоростные поезда уже давно стали обыденностью для многих стран, однако их концепция была предсказана задолго до их реального появления. Один из первых, кто заглянул в будущее и описал подобные технологии, был французский писатель Жюль Верн. В своем романе «Париж в XX веке», написанном в 1863 году, он рассказал про удивительные идеи, которые на тот момент казались фантастическими. Верн описывает систему, в которой магниты, установленные между колесами поезда, притягивают стальной диск. Этот диск, в свою очередь, движется благодаря сжатому воздуху, что позволяет поезду развивать невероятные скорости.

На сегодняшний день уже достигнуты невероятные результаты, конструкционная скорость высокоскоростных поездов увеличилась с 230 км/ч (1964 г.) до 450 км/ч (2025 г.). А в 2027 году в Японии планируют запустить высокоскоростной поезд, скорость которого достигнет 603 км/ч.

Основные виды электрических систем, применяемых в высокоскоростных поездах:

1. Системы переменного тока.

Высокоскоростные поезда переменного тока питаются от контактной сети напряжением 25 кВ. для минимизации потерь при передаче электроэнергии. В поездах применяются асинхронные и синхронные двигатели, каждый из которых имеет свои особенности. Асинхронные двигатели наиболее распространены благодаря стабильной работе на разных скоростях, в то время как синхронные двигатели обеспечивают высокую точность, но требуют боле сложных систем управления. Инверторы обеспечивают рекуперацию энергии при торможении.

2. Системы постоянного тока.

Высокоскоростные поезда получают электроэнергию от контактной сети, работающей на переменном и постоянном токе. В большинстве случаев используются системы

постоянного тока с напряжением 1,5 кВ или 3 Кв. Некоторые поезда используют двигатели постоянного тока, обеспечивающие высокий крутящий момент при старте и разгоне.

3. Двухсистемные поезда.

Они способны функционировать как на участках с постоянным током (обычно 3 кВ), так и с переменным током (25 кВ). Основными элементами этой конструкции являются: а) трансформаторы, которые понижают высокое переменное напряжение, б) выпрямители, которые преобразуют переменный ток в постоянный и инверторы, которые преобразуют постоянный ток обратно в переменный. Переключения между системами электрификации автоматическое: система управления отслеживает тип сети и плавно переключает питания. Обеспечивая непрерывность электроснабжения за счёт параллельной работы выпрямителя и инвертора.

4. Токовые системы с использованием магнитной левитации.

Система маглев использует взаимодействие магнитных полей, создаваемых магнитами на борту поезда и магнитами, расположенными на рельсах, как бы обёрнуты вокруг рельса. [2] Движение поезда обеспечивается линейными двигателями. Они представляют собой длинные электрические катушки, взаимодействующие с рельсами, функционирующими как «реактивные рельсы». Изменение направления тока в катушках приводит к изменению полярности магнитного поля, вызывая движение поезда вперёд.

5. Системы накопления энергии на основе аккумуляторов.

Аккумуляторные батареи расширяют возможности высокоскоростных поездов, избавляя от зависимости от контактной сети. Литий-ионные батареи лидируют благодаря длительному сроку службы, но имеют риски воспламенения. Никель-металлогидридные аккумуляторы устойчивы к высоким температурам, но обладают меньшей энергоемкостью. Суперконденсаторы, с большим сроком службы, идеально подходят для рекуперативного торможения, но имеют низкую удельную энергию. [1]

На сегодняшний день не все страны могут позволить себе поезда на магнитной левитации, которые обеспечивают более высокую скорость. Однако наиболее распространенными остаются поезда, работающие на переменном токе. Эти системы уже доказали свою эффективность и надежность, но будущее высокоскоростного железнодорожного транспорта, безусловно, зависит от дальнейших инноваций в области электрических технологий.

Список литературы

1. Киселев И.П. Высокоскоростной сухопутный транспорт: состояние и перспективы // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 6 (31). С. 61-65.

2. Соломин А.В. Система магнитолевитационного транспорта со стабилизацией воздушного зазора // Известия высших учебных заведений. Электромеханика: научно-технический журнал. / Южно-Российский государственный технический университет. 2019. № 5. С. 88-93.

3. Самый быстрый поезд в мире. Дата введения: 26.08.2018. URL: https://dzen.ru/a/W4K35102sACvnpDX (Дата обращения 02.02.2025).

СЕКЦИЯ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 621.438

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРЁХСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФЕКТОВ В МЕСТАХ КОНТАКТА

Бочкова Т.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
bochkova.t.al@gmail.com
Научный руководитель: Димитриенко Ю.И., д.ф.-м.н., зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Современные энергетические системы активно используют микрогазотурбинные установки (МГТУ). Рассматривалась конструкция, которая состоит из газотурбинного двигателя (ГТУ) и свободной силовой турбины (ССТ) [1]. Различают два основных типа ССТ, отличающихся направлением движения рабочего тела: осевые, у которых направление движения рабочего тела практически совпадает с направлением оси турбины; радиальные, у которых направление движения рабочего тела совпадает с плоскостью вращения турбины. Конструктивные особенности радиальных турбин обеспечивают им ряд эксплуатационных преимуществ: более высокие прочностные характеристики рабочего колеса, возможность работы при более высоких температурных режимах, способность выдерживать повышенные перепады давления на ступень. Эти технические преимущества делают радиальные турбины предпочтительным выбором для применения в условиях повышенных эксплуатационных нагрузок, где требуются надежность и эффективность работы оборудования.

Современные конструкции радиальных турбин предусматривают размещение нескольких рядов лопаток на едином турбинном диске, такие турбины называются многоступенчатыми турбинами. Конструкция многоступенчатых радиальных ССТ обеспечивает снижение массы вращающихся элементов, компактность, повышение эффективности преобразования энергии. При проектировании турбин особую сложность представляет анализ соединений, выполненных методом контактной точечной сварки, где возможно образование скрытых дефектов, существенно снижающих несущую способность конструкции при циклическом нагружении. При этом критически важной является задача оценки усталостной долговечности, поскольку именно она определяет ресурс работы турбины.

Для технических объектов под долговечностью понимают свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния (разрушения). Разрушение элементов конструкции обычно происходит из-за появления микродефектов, их роста и слияния в крупные трещины. Существенное влияние как на скорость распространения трещины, так и на механизм усталостного разрушения металлических материалов оказывает коэффициент асимметрии цикла нагружения R [2]:

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}, \quad (1)$$

где σ_{min} - минимальное напряжение цикла; σ_{max} - максимальное напряжение цикла.

Целью проведенных численных исследований являлся анализ циклической долговечности трехступенчатого рабочего колеса ССТ в зависимости от асимметрии цикла нагружения. 3D-модель детали была создана в программном комплексе SolidWorks. В программном комплексе ANSYS Mechanical проведен анализ малоцикловой усталости по модели Морроу [3]. При оценке долговечности учитывались газовые нагрузки, которые возникают как результат воздействия газового потока на лопатки колеса турбины, и

инерционные нагрузки, к которым относятся центробежные силы, обусловленные вращательным движением роторной системы.

В результате проведенных численных исследований было получено распределение напряжений в детали, которое показало, что зоны с наибольшими напряжениями локализуются в местах соединения лопаток с кольцом. При этом максимальные значения напряжений зафиксированы на кольце с наибольшим диаметром. Данный факт объясняется возрастанием центробежной силы, величина которой зависит от квадрата угловой скорости и радиуса вращения – чем больше радиус, тем выше нагрузка. Получена зависимость количества циклов до разрушения от коэффициента асимметрии цикла нагружения. Установлено, что наиболее критичным режимом является симметричный знакопеременный цикл ($R = -1$), при котором наблюдается минимальная усталостная долговечность из-за максимальной амплитуды переменных напряжений, способствующих быстрому зарождению и развитию трещин. При положительных значениях коэффициента асимметрии ($0 < R < 0.5$), характерных для штатной работы двигателя, ресурс детали существенно возрастает благодаря преобладанию растягивающих напряжений. Однако особого внимания требуют зоны с экстремальными отрицательными коэффициентами ($R < -1$), которые могут возникать при аварийных режимах и приводят к резкому сокращению срока службы.

Список литературы

1. Гусаров В.А. Писарев Д.Ю, Гусарова Е.В. Радиальная трехступенчатая силовая турбина// Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 2 (15). С. 88-95. DOI 10.31857/S0235711921020061.
2. Клевцов Г.В., Фролова О.А., Клевцова Н.А., Алиджанов Э.К. Влияние асимметрии цикла нагружения на усталостную долговечность и механизм разрушения образцов из конструкционных материалов // Вестник ОГУ. 2005. № 6 (44). С. 154-159.
3. Browell R., Hancq A. Calculating and displaying fatigue results // ANSYS, Inc. 2006. 42 p. URL: https://www.ozeninc.com/wp-content/uploads/2021/02/fatigue.pdf (Дата обращения 05.04.2025).

УДК 51-73

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА МЕТОДАМИ ГЕОИНЖИНИРИНГА

Каменских Г.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
geer.2011@yandex.ru
Научный руководитель: Пархоменко В.П., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В последние годы вопрос глобального потепления и связанных с ним экономических и гуманитарных рисков встает особенно остро. В работе проводится оценка возможности стабилизации глобального климата методами геоинжиниринга. Под термином геоинжиниринг понимают ряд мер и воздействий, ориентированных на целенаправленное влияние на климатические условия в конкретном регионе Земли или по всей планете с целью противодействия неблагоприятным изменениям климата, таким как парниковый эффект или глобальное потепление. Выделяют две группы методов геоинжиниринга – методы удаления углекислого газа (УУГ) и методы регулирования солнечной радиации (РСР). В работе рассматривается один из методов РСР, подразумевающий проведение управляемых выбросов в стратосферу сульфатного аэрозоля, отражающего часть приходящего солнечного излучения [1].

Глобальная климатическая модель включает в себя блок Мирового океана, блок атмосферы и блок эволюции морского льда. Система уравнений модели океана рассматривается в геострофическом приближении с добавлением фрикционного члена в уравнения импульса по горизонтали. Температура и соленость удовлетворяют уравнениям адвекции и диффузии, что позволяет описать термохалинную циркуляцию океана. Плотность полагается известной функцией от температуры и солености. Поле скоростей определяется диагностически из поля плотностей. Динамика атмосферы описывается энерго- и влагобалансовой моделью, где температура и удельная влажность воздуха являются прогностическими переменными. Для температуры решается уравнение, определяющее баланс приходящего и уходящего радиационных потоков, явных обменов потоками тепла с подстилающей поверхностью и высвобождения скрытого тепла из-за осадков. В уравнении для удельной влажности источники определяются осадками, испарением и сублимацией с подстилающей поверхности. Динамические уравнения модели эволюции морского льда решаются для величин сплоченности и средней толщины льда. Таяние и рост льда в модели полагаются зависимыми только от разности между потоком тепла из атмосферы в морской лед и потока тепла изо льда в океан. Для температуры поверхности льда решается диагностическое уравнение [2].

Уравнения дискретизируются на расчетной конечно-разностной сетке разрешением 72x72 ячейки. Сетка является равномерной по долготе и синусу широты с шагом 5 градусов по долготе и от 1,5 градусов вблизи экватора до 10 градусов вблизи полюсов по широте. По вертикали океан представлен восьмиуровневой логарифмической шкалой глубин от 0 до 5000 м.

По этой модели на первом этапе проведены расчеты состояния климатической системы до 2100 г. в условиях динамики концентрации углекислого газа CO_2, соответствующей прогнозам, опубликованных в докладе межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [3]. Прогнозные значения средней глобальной температуры для июля 2100 г. более чем на 2 градуса превышают аналогичные значения для июля 2030 г. Затем решается задача стабилизации среднеглобальной температуры приземного слоя атмосферы на уровне 2030 года. Выбросы сульфатного аэрозоля в стратосферу моделируются путем введения слагаемое, описывающее приходящую коротковолновую солнечную радиацию, в уравнении полного потока тепла в атмосферу дополнительного коэффициента альбедо аэрозольного слоя. Согласно оценкам, в рассматриваемом диапазоне изменения альбедо оно пропорционально массе аэрозоля.

Моделировался подход, при котором альбедо аэрозольного слоя не зависит от широты, что соответствует равномерно распределенному слою аэрозоля в стратосфере. Через каждые 10 лет расчетов проверялось выполнение условия совпадения среднегодовой среднеглобальной температуры атмосферы стабилизированного климата и климата 2030 г. Был сделан вывод о принципиальной возможности стабилизации средней глобальной температуры атмосферы при условии однородного по пространству распределения аэрозоля в стратосфере, что однако не означает сохранения зональных климатических характеристик. Результаты численных экспериментов показывают, что при этом в низких и средних широтах климат будет на 0,1 – 0,2 градуса холоднее, а в высоких широтах – на 0,2 – 1,2 градуса теплее современного климата, при чем эти отличия носят выраженный сезонный характер – в зимний период различия увеличиваются.

Список литературы

1. Будыко М.И. Метод воздействия на климат // Метеорология и гидрология. 1974. № 2. С. 91–97.

2. Пархоменко В.П. Моделирование стабилизации глобального климата управляемыми выбросами стратосферного аэрозоля // Математическое моделирование и численные методы. Электрон. журн. 2015. № 2. С. 115–126.

3. IPCC climate change 2023 synthesis report. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf (Дата обращения 18.04.2025).

УДК 004.925.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ОБЪЕМНЫХ ГЕОМЕТРИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПЕРАЦИЙ ДВИЖЕНИЙ И СКРУГЛЕНИЙ

Каширин В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
xyamix@yandex.ru
Научный руководитель: Захаров А.А., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Современные технологии проектирования и производства требуют высокоточного и эффективного создания сложных геометрических форм. Моделирование поверхностных и объемных объектов с использованием операций движений (выдавливание, вращение, выдавливание по траектории) и скруглений является ключевым инструментом в инженерном деле, промышленном дизайне, компьютерной графике и аддитивном производстве.

Всего существует четыре типа поверхностей движения. Рассмотрим каждый из них.

Поверхность выдавливания представляет собой выдавливание некоторого контура вдоль заданного вектора. Данную операцию можно представить в виде формулы:

$$\mathbf{S}(u,v) = \mathbf{C}(u) + vh\mathbf{d}, \tag{1}$$

где $\mathbf{C}(u)$ - контур, $\mathbf{d}$ - вектор, задающий направление выдавливания, h - величина выдавливания.

Поверхность вращения – поверхность, полученная вращением контура вокруг некоторой оси:

$$\mathbf{S}(u,v) = \mathbf{P}_s + \mathbf{M} \cdot (\mathbf{C}(u) - \mathbf{P}_s), \tag{2}$$

где $\mathbf{C}(u)$ - контур, $\mathbf{P}_s$ - точка, через которую проходит ось вращения, $\mathbf{M}$ - матрица поворота вокруг оси вращения.

Поверхность сдвига представляет собой выдавливание контура $\mathbf{C}(u)$ вдоль некоторой кривой $\mathbf{g}(v)$:

$$\mathbf{S}(u,v) = \mathbf{g}(v) + (\mathbf{C}(u) - \mathbf{g}(v_{\min})). \tag{3}$$

При этом следует заметить, что в данном случае плоскость контура остается параллельной своему изначальному расположению вдоль всей кривой $\mathbf{g}(v)$.

И, наконец, кинематическая поверхность аналогично поверхности сдвига представляет собой выдавливание контура вдоль некоторой кривой $\mathbf{g}(v)$, за тем исключением, что теперь нормаль плоскости контура совпадает с направлением касательного вектора к $\mathbf{g}(v)$ в соответствующей точке. Это достигается с помощью преобразования точек контура, используя матрицу перехода $\mathbf{M}(v)$. Таким образом, получаем формулу для кинематической поверхности:

$$\mathbf{S}(u,v) = \mathbf{g}(v) + \mathbf{M}(v) \cdot (\mathbf{C}(u) - \mathbf{g}(v_{\min})). \tag{4}$$

В свою очередь, для построения тел используется граничное представление, также известное как B-rep представление. Суть его заключается в том, что объемное тело задается ограничивающими его поверхностями.

Для построения скругления ребра требуется, чтобы были заданы само ребро $\mathbf{c}_0(s)$, а также две сопрягаемые поверхности $\mathbf{r}(u,v)$ и $\mathbf{s}(a,b)$, для которых заданное ребро является общим. Само скругление задается поверхностью сопряжения, которую можно построить как некоторую цилиндрическую поверхность. Её можно вообразить, как след от сферы, одновременно катящейся по сопрягаемым поверхностям.

Пусть $\mathbf{c}_r(t)$ и $\mathbf{c}_s(t)$ - кривые касания сферой сопрягаемых поверхностей. Их можно найти, решив следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \mathbf{r}(u,v)+\rho_r\mathbf{m}_r(u,v)=\mathbf{s}(a,b)+\rho_s\mathbf{m}_s(a,b), \\ \left(\mathbf{c}_0(s)-\frac{1}{2}(\mathbf{r}(u,v)+\rho_r\mathbf{m}_r(u,v)+\mathbf{s}(a,b)+\rho_s\mathbf{m}_s(a,b))\right)\cdot\frac{d\mathbf{c}_0}{ds}=0. \end{cases} \quad (5)$$

Численно данную систему можно решить, например, методом Ньютона, последовательно итерируясь по параметру s скругляемого ребра.

Затем среднюю линию поверхности сопряжения можно найти по формуле:

$$\mathbf{c}(t)=\frac{1}{2}\left(\mathbf{c}_r(t)+\mathbf{c}_s(t)-(1-w^2)\frac{\rho_r\mathbf{m}_r+\rho_s\mathbf{m}_s}{w^2}\right), \quad (6)$$

где

$$w(t)=\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{1+\frac{\rho_r\mathbf{m}_r\cdot\rho_s\mathbf{m}_s}{\rho^2}}. \quad (7)$$

Тогда можем построить поверхность сопряжения как [1]:

$$\mathbf{q}(t,z)=\frac{(1-z)^2\mathbf{c}_r(t)+2(1-z)zw(t)\mathbf{c}(t)+z^2\mathbf{c}_s(t)}{(1-z)^2+2(1-z)zw(t)+z^2} \quad (8)$$

В рамках данной работы было разработано программное обеспечение, которое позволяет в интерактивном режиме моделировать кривые разных типов, строить поверхности движения, создавать тела на основе этих поверхностей, а также выполнять скругление ребер.

Список литературы

1. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. 472 с.

УДК 532.5.032

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА НА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТКАХ

Кортенко А. М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
akortenko03@gmail.com
Научный руководитель: Димитриенко Ю. И., д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Задача численного моделирования обтекания тел потоками газа играет ключевую роль в аэродинамике, гидродинамике и других прикладных областях. Для точного описания

сложных геометрий, характерных для реальных технических объектов, целесообразно применять неструктурированные сетки, которые обеспечивают гибкость при дискретизации произвольных расчётных областей. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки эффективных и универсальных численных алгоритмов, способных моделировать дозвуковые течения вязкого несжимаемого газа, описываемые уравнениями Навье–Стокса при постоянной плотности и динамической вязкости.

В работе используется модифицированный алгоритм SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations), подробно изложенный в [1]. Этот метод был реализован в двумерной постановке на языке C++ с поддержкой двумерных неструктурированных сеток. Метод основан на последовательном решении уравнений движения и непрерывности: на первом этапе вычисляется поле промежуточных скоростей, затем формируется и решается уравнение для поправки давления, после чего векторы скорости и давления корректируются. Для аппроксимации дифференциальных операторов применён метод конечных объёмов, что позволяет корректно учитывать топологию произвольной сетки и обеспечивает универсальность метода.

Программа была протестирована на классической задаче обтекания цилиндра при различных значениях числа Рейнольдса. Полученные численные результаты демонстрируют характерное течение, включая образование вихрей и вихревой дорожки Кармана при переходе к нестационарному режиму, что согласуется с теоретическими данными, приведёнными в [2]. Расчёты показали устойчивость и физическую достоверность реализованного алгоритма.

Список литературы

1. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM® and Matlab. Cham: Springer International Publishing, 2016. V. 113. 791 p.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / под ред. Л. Г. Лойцянский, перевод Г. А. Вольперта, Переведено с пятого нем. издания, исправлено по шестому (американскому) изданию. М.: Наука, 1974. 711 с.

УДК 004.89

КЛАССИФИКАЦИЯ ТОНКОСТЕННЫХ CAD МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ UV-NET

Куприн А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
kuprinad@kuprinad.ru
Научный руководитель: Богданов И.О., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Классификация CAD-моделей играет ключевую роль в автоматизации промышленного проектирования, оптимизации производственных процессов и выборе технологий изготовления. Особое значение имеет разделение объектов на тонкостенные и нетонкостенные, так как это влияет на анализ прочности, расчет нагрузок и выбор методов обработки. Однако существующие подходы часто игнорируют топологические связи и геометрические паттерны, что снижает их точность [1]. В данной работе предложен метод анализа B-rep представления моделей, сочетающий геометрические и топологические признаки, обработанные гибридной нейронной сетью, реализованной на C++ без использования стандартных библиотек машинного обучения. Это обеспечило низкоуровневый контроль над вычислениями и глубокую интеграцию с форматами CAD-систем.

Обработка данных начинается с извлечения графа смежности граней и ребер через OpenCascade. Для каждой грани формируются 2D параметрические UV-сетки размером 16×16 с семью параметрами: координаты точек (x, y, z), нормали (x, y, z) и бинарная маска принадлежности к грани. Ребра обрабатываются через 1D U-сетки с шестью параметрами: позиции точек и касательные векторы (x, y, z). Данные структурируются в хэш-таблицы std::unordered_map, связывающие идентификаторы граней и пар индексов ребер с их признаками, что обеспечивает эффективное хранение разреженных структур [2].

Архитектура модели объединяет три этапа. На первом этапе сверточные блоки обрабатывают сетки: для граней применяется двумерная сверточная нейронная сеть с последовательностью слоев 7, 64, 128, 256, включая пакетную нормализацию и активацию ReLU, а для ребер — одномерная сверточная сеть с входным размером 6 и аналогичной постобработкой. После усредняющего пулинга признаки проецируются в 64-мерное пространство через полносвязные слои. На втором этапе выполняются два цикла передачи сообщений между узлами графа: на каждой итерации признаки узлов (граней) и ребер обновляются по формулам, сочетающим взвешенную сумму признаков соседних элементов с обучаемыми коэффициентами, что позволяет разделять вклад центральных элементов и их окружения. Сохраненные после каждого цикла признаки граней агрегируются через max pooling.

На финальном этапе механизм внимания объединяет признаки, проецирует их в 128-мерное пространство и передает на полносвязный слой с функцией активации SoftMax. Функция потерь на основе перекрестной-энтропии оптимизирует разрыв между предсказанными и истинными метками. Обучение проводилось на искусственно сгенерированном датасете из 10 000 моделей шести типов: бак, усеченный конус, труба, чаша, крыло и шестерня. Каждый тип представлен тонкостенной и цельной версиями с вариациями геометрических параметров (толщина, радиусы, углы), что обеспечило разнообразие данных. Валидация на реальных моделях показала высокую точность.

Основные преимущества метода включают инвариантность к типу параметризации поверхностей (NURBS, сплайны), локальность извлечения признаков, соответствующую геометрическому окружению. Однако выявлены ограничения: зависимость от точности OpenCascade при извлечении топологии, рост вычислительной сложности для моделей с большим числом граней.

Работа демонстрирует, что комбинация сверточных сетей, передачи сообщений и механизма внимания эффективна для анализа CAD-моделей, а генерация синтетических данных значительно улучшает обобщающую способность модели. Учет топологических связей и локальных геометрических паттернов позволяет превзойти традиционные подходы, ориентированные только на глобальные признаки. Полученные результаты открывают перспективы для применения метода в задачах автоматизированного проектирования, где критически важны точность и интерпретируемость предсказаний.

Список литературы

1. F.-w. Qin и др. A deep learning approach to the classification of 3D CAD models // Journal of Zhejiang University SCIENCE C. 2014. V. 15. № 2. Pp. 91—106.
2. Jayaraman P.K. и др. Uv-net: Learning from curve-networks and solids // arXiv preprint arXiv:2006.10211. 2020. V. 2. Pp. 15. URL: https://arxiv.org/pdf/2006.10211v1 (Дата обращения 28.04.2025).

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

УДК 004.05

УСКОРЕНИЕ ХЕШ ФУНКЦИЙ СЕМЕЙСТВА SHA 2 ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНОЛОГИИ SIMD

Белков Г.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
GeorgeBelkovV@yandex.ru
Научный руководитель: Безверхний Н.В., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Для того чтобы соответствовать современным требованиям к производительности разработчикам процессоров уже недостаточно просто повысить количество транзисторов и тактовую частоту процессоров. Основной акцент в последние десятилетия делается на параллелизации и многопоточной обработке данных. Аппаратная поддержка специального набора команд и регистров позволяющих достичь высокой производительности за счет векторизации вычислений является одной из технологий параллельной обработки данных.

Объектом рассмотрения является стандартный алгоритм повсеместно используемой криптографически стойкой функции хеширования данных SHA-256 семейства SHA [1].
SHA-256 преобразует входные данные произвольной длины в выходное фиксированное значение (хеш) длиной 256 бит (32 байта). Выбор конкретной функции обусловлен ее популярностью. Все выводы, сделанные в ходе работы, а также полученные алгоритмы с легкостью переносятся на случай SHA-512 и SHA-384.

Ежегодно неуклонно растет количество пользователей, процессоры которых поддерживают основные SIMD-расширения [2]. Это важно, поскольку предложенные в работе подходы активно используют SSE, AVX2 и SHA-IN. Итоговой целью работы является интеграция SIMD команд в стандартный алгоритм SHA-256.

После анализа подходов к разработке алгоритмов в криптографических библиотеках были спроектированы и реализованы два варианта SHA-256: стандартный и с использованием SIMD. Работа выполнялась в среде разработки Visual Studio 22. В качестве языка программирования был выбран C++. Для взаимодействия с необходимыми расширениями применялась библиотека <intrin>, предоставляющая встроенные функции компилятора MSVC. После тестирования была разработана система сбора измерений, и полученные с помощью неё данные были подвергнуты анализу. Для проверки корректности работы алгоритмов и системы бенчмаркинга, а также выявления узких мест в производительности, использовались инструменты профилирования и диагностики Visual Studio в сборке с оптимизацией.

Подавляющее большинство программ, написанных с использованием встроенных функций имеют сложную структуру и тяжело читаемы. Важным достоинством SIMD версии алгоритма является его простота и эффективность. Изменения главным образом затрагивают функцию обработки блоков.

В результате сбора измерений на ЭВМ с процессорами от Intel и AMD были получены файлы с результатами бенчмаркинга программных реализаций на блоках данных различной длины. В качестве основных метрик использовались: скорость обработки данных (время в секундах, необходимое для успешного вычисления хеш-значения), а также пропускная способность алгоритма (объем данных в единицу времени). Были построены графики, отражающие указанные зависимости для обоих вариантов и в результате их анализа был сделан вывод об однозначном превосходстве алгоритма с интегрированными SIMD командами.

Полученные в ходе работы результаты могут успешно применяться при реализации рассмотренных хеш-функций для повышения их эффективности. Предложенный алгоритм

может быть интегрирован главным образом в высоконагруженные системы, где критична пропускная способность и время выполнения.

Список литературы

1. Национальный институт стандартов и технологий (США). Федеральный стандарт обработки информации (FIPS) 180-4. Стандарт безопасного хеширования (Secure Hash Standard, SHS). Вашингтон: NIST, 2015. DOI: 10.6028/NIST.FIPS.180-4.
2. Steam Hardware & Software Survey: July 2024. Valve Corporation. 2024. URL: https://store.steampowered.com/hwsurvey/ (Дата обращения 20.04.2025).

УДК 519.179.2

МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ В ТЕМПОРАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Игнатова В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
varvara.bag2010@yandex.ru
Научный руководитель: Губанов Д.А., д.т.н., зав. лаб.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Работа посвящена изучению темпоральных сетей. Одним из важнейших направлений в анализе сетей является выявление сообществ (или кластеризация) – обнаружение групп узлов, имеющих более тесные связи между собой, чем с остальными узлами сети [1]. Целью данной работы является исследование различных методов выявления сообществ в темпоральных сетях. Задача заключается в применении различных алгоритмов сначала к простейшему примеру, а затем к реальной сети соавторства ученых в области машинного обучения. А также в оценке полученных результатов с помощью метрики модульности.

Темпоральные (динамические) сети — сети, которые меняются во времени, т. е. вершины и рёбра могут появляться или исчезать с течением времени [2].

В ходе работы были использована следующая специализированная библиотека языка программирования Python — tnetwork и библиотека для работы с графами NetworkX.

В данном исследовании использовался метод Лувена со сглаживанием (Smoothed Louvain) — это модификация классического алгоритма Лувена, в котором структура сообщества из предыдущего моментального снимка используется в качестве исходного предположения для структуры текущего моментального снимка.

Также использовался метод сглаженного графа (Smoothed graph). В нём на каждом шаге алгоритма граф подвергается модификации. Если два узла находились в одном сообществе на предыдущем шаге, между ними добавляется ребро с небольшой весом. Это позволяет сохранить информацию о предыдущих сообществах при переходе к следующему этапу. Вес, который добавляется между узлами, находящимися в одном сообществе, определяется с помощью параметра. Он позволяет тонко настраивать степень влияния предыдущих сообществ на текущую структуру графа.

Для оценки качества работы алгоритмов была использована метрика модульности. Модульность — одна из мер структуры сетей или графов [1]. Мера была разработана для измерения силы разбиения сети на модули (называемые группами, кластерами или сообществами). Сети с высокой модульностью имеют плотные связи между узлами внутри сообщества, но слабые связи между узлами в различных сообществах.

Интерпретация значения модульности:

Q=0: разбиение на сообщества мало чем отличается от случайного. Скорее всего, структура сообществ не выражена.

0,25<Q<0,7: обычно считается, что разбиение является хорошим, но все еще может быть улучшено. Значение модульности в этом случае указывает на наличие чёткой структуры сообществ.

Q>0,7: разбиение на сообщества очень хорошее, структура сообществ явно выражена.

Кроме того, в ходе работы были измерены значения взвешенной и средней модульности (1), так как для графа, имеющего большие различия между плотностью и размером каждого сообщества, значение общей модульности может быть некорректным:

$$weighted = \frac{\sum_{t=1}^{T} \mu(G_t)|G_t|}{\sum_{t=1}^{T} |G_t|},\ average = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} \mu(G_t), \quad (1)$$

где G_t — найденное сообщество, $\mu(G_t)$ — значение его модульности, $|G_t|$ — вес сообщества, T — общее количество времени.

В качестве реальной сети была взята сеть соавторства учёных из открытой базы научной литературы OpenAlex, которая содержит около 250 миллионов публикаций. Для целей исследования была сформирована выборка публикаций по машинному обучению. Данная темпоральная сеть содержит 2317137 авторов, анализ проводился с 2007 по 2010 года. Метод Лувена показал значения модульности равные 0,9, метод сглаженного графа показал взвешенную модульность — 0,87 и среднюю — 0,88.

Оба алгоритма показали очень высокие результаты модульности (алгоритм Smoothed Louvain чуть лучшие). Можно сделать вывод о том, что авторы публикаций имеют хорошо сформированные научные интересы, и, в основном, публикуют свои работы с одними и теми же людьми, что объясняет высокие показатели модульности, а также чёткие границы сообществ.

Список литературы

1. Skrlj B., Kralj J., Lavrac N. Py3plex toolkit for visualization and analysis of multilayer networks // Applied Network Science. 2019. Pp. 2-5. DOI: 10.1007/s41109-019-0203-7.
2. Kawadia V., Sreenivasan S. Online detection of temporal communities in evolving networks by estrangement confinement // arXiv: 1203.5126v1. 2012. DOI: 10.1038/srep00794.

УДК 004.81

ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ТЕКСТОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СХОЖЕСТИ

Кононенко А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
kononenkoartemal@gmail.com
Николаев М.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
maksnikMK@gmail.com
Научный руководитель: Ташков И.А., ассистент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

Сравнение сходства текстов – это задача обнаружения текстов, которые, не будучи дубликатами, передают смысл оригинала. Они могут отличаться формулировками, структурой предложений, использованием синонимов или порядком слов, но остаются семантически эквивалентными. Решение данной задачи является важным и актуальным в антиплагиате, контент-фильтрации, поисковой оптимизации и других сферах.

В данной задаче учитывается несколько критериев сходства: семантическая близость, синтаксическое сходство, стилистические особенности и другие параметры [1].

Основными этапами исследования были: сбор текстов со сходствами, сравнение метрик, предобработка текстов (лемматизация, удаление стоп-слов, нормализация),

векторизация, кластеризация, LSA и SVD-разложение, классификация, анализ сантиментов, интерпретация модели с помощью SHAP.

Среди метрик сходства BLEU (точность совпадения n-грамм), ROUGE (перекрытие униграмм), METEOR (учёт синонимов) и BERTScore (контекстные эмбеддинги) наивысшую корреляцию с человеческой оценкой показал BERTScore.

При векторизации TF-IDF, Word2Vec и Sentence-BERT и сравнении предложений по косинусному сходству [2] Sentence-BERT показал наиболее объективные результаты.

Кластеризацию предложений на тех же эмбеддингах произвели алгоритмом K-Means. Оценка качества кластеризация – метрика силуэта S показала, что модель Sentence-BERT (S = 0.07) лучше разделяет данные на кластеры (для того же TF-IDF S = 0.06).

С помощью SVD-разложения были визуализированы векторы слов и предложений на двух- и трёхмерном графиках. Было установлено, что близкие по смыслу слова в использованных предложениях расположены рядом друг с другом. Для построения матрицы “терм-документ” сравнивались методы one-hot и TF-IDF. Последний показал более точное образование кластеров схожих слов, которые расположены на заметно большем расстоянии друг от друга. Это свидетельствует о лучшем выделении слов в документах и повышении качества кластеризации.

Исходные тексты были 1) проанализированы предобученной моделью 'nlptown/bert-base-multilingual-uncased-sentiment' на выявление эмоциональной окраски и 2) кластеризованы и классифицированы линейной регрессией на темы. Далее интерпретировали с помощью библиотеки shap обе модели. Далее показали, что при добавлении весов моделей классификации и сантиментов в модель схожести текстов, можно будет улучшить точность последней модели.

Также рассматривались задачи выделения информации на примере медицинских текстов. Выделение информации из неструктурированных данных является актуальной задачей области обработки естественного языка в сфере здравоохранения, поскольку это позволяет автоматизировать диагностику заболеваний. Первая из исследуемых задач – локализация причинно-следственной связи в медицинских текстах, вторая – выделение именованных сущностей из историй болезней. В силу присутствия вольности изложения в текстах сферы здравоохранения, исследовалось применение языковой модели на основе трансформера архитектуры BERT.

Первая задача заключалась в исследовании применимости трансформера BERT для локализации причинно-следственной связи в медицинских текстах. В качестве решения данной задачи можно считать классификацию предложений на содержащие и на не содержащие причинно-следственную связь. При помощи библиотек tensorflow и transformers на языке программирования Python3 была реализована модель трансформера BERT для задачи классификации с предобучением на русский язык на наборе данных collection3. Сбор набора данных и его разметка осуществлялись вручную. На валидации модель показала precision = 0.7, recall = 0.6. В данной задаче необходима максимизация метрики recall, поэтому значение в 0.6 нельзя назвать удовлетворительным. Результаты показывают, что для данного набора данных BERT неприменим.

Второй задачей являлось исследование применимости трансформера BERT для выделения непрерывных именованных сущностей. Для проведения данной работы использовалась модель BERT из библиотеки DeepPavlov для Python3, предобученная на русский язык на наборе данных collection3. В качестве набора данных для обучения был выбран корпус, содержащий диагнозы и эпикризы пациентов, перенесших бронхиальную астму и поллиноз [3]. В результате обучения модель продемонстрировала метрики $f1 = 0.88$ для токена и $f1 = 0.77$ для сущности, что является положительным результатом.

В итоге, результаты свидетельствуют, что модель BERT неприменима для локализации причинно-следственной связи в медицинских текстах (на данном наборе данных) и применима для выделения сущностей из историй болезней при обучении на наборе данных [3].

Список литературы
1. Prasetya D.D., Wibawa A.P., Hirashima T. The performance of text similarity algorithms // International Journal of Advances in Intelligent Informatics. 2018. DOI: 10.26555/ijain.v4i1.152.
2. Sitikhu P.A., Pahi K., ThapaP., Shakya S. Comparison of Semantic Similarity Methods for Maximum Human Interpretability // arXiv:1910.09129v2. 2019. DOI: 10.48550/arXiv.1910.09129.
3. Smirnov I.V., Shelmanov A.O., Vishneva E.A. Information extraction from clinical texts in Russian // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» (Москва, 27–30 мая 2015 года). Т. 1.: Основная программа конференции. Москва: РГГУ. 2015. С. 560-572.

УДК 62.50

ОЦЕНИВАНИЕ ВНЕШНИХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ МОДЕЛИ

Ли Л.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
lovelee138138@gmail.com
Научный руководитель: Краснова С.А, д.т.н., профессор
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Один из подходов к синтезу систем регулирования при действии внешних возмущений, действующих по одним каналам с управлением, предполагает решение задачи оценивания этих возмущений с помощью динамических наблюдателей. Такие наблюдатели обычно строятся на основе внутренней модели, имитирующей внешние воздействия конкретного типа [1], но при смене характера возмущений приходится заново проектировать и внутреннюю модель, и наблюдатель возмущений. Более гибким является подход, исключающий использование внутренней модели, когда наблюдатель возмущений строится на основе математической модели объекта управления, в которой все сигналы, кроме внешних воздействий, полагаются известными [2]. Здесь этот подход применяется для оценивания различных типов детерминированных возмущений, которые ограниченны по модулю и имеют ограниченную производную. Целью является сравнительный анализ наблюдателей возмущений с линейной и кусочно-линейной коррекцией. Новизна состоит в анализе особенностей их численного моделирования и влияния шага дискретизации на выбор коэффициентов корректирующих воздействий, служащих оценками возмущений.

Основой для построений является нелинейный объект управления второго порядка

$$\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = a(x_1, x_2) + f(t) + u, \quad (1)$$

где $x_1, x_2 \in \mathrm{R}$ – измеряемые переменные состояния, $a(x_1, x_2)$ – известная функция от переменных состояния, $f(t)$ – неизвестная функция времени (внешнее возмущение), $u \in \mathrm{R}$ – управление, которое формируется так, чтобы обеспечить стабилизацию выходной переменной $x_1(t)$ системы (1) в заданном положении $g(t) = \mathrm{const}$:

$$\lim_{t\to\infty} x_1(t) = g. \quad (2)$$

С целью решения задачи (2) был выбран метод линеаризации обратной связью по ошибке регулирования $e_1 = x_1 - g$. При известных сигналах системы, как внутренних, так и внешних, базовый закон управления имеет вид

$$u = -c_1(x_1 - g) - c_2 x_2 - a(x_1, x_2) - f(t), \quad (3)$$

где c_1, c_2 – коэффициенты гурвицева полинома. Полученная таким образом замкнутая система $\dot{e}_1 = \dot{x}_2, \dot{x}_2 = -c_1 e - c_2 x_2$ является линейной.

Для реализации базового закона управления (3) необходимо восстановить сигнал $f(t)$ с помощью наблюдателя возмущений, который при отсутствии внутренней модели строится как копия второго уравнения системы (1) в следующем виде:

$$\dot{z} = a(x_1, x_2) + u + v, \tag{4}$$

где $z \in \mathrm{R}$ – переменная состояния наблюдателя, $v \in \mathrm{R}$ – корректирующее воздействие. Таким образом, задача сводится к стабилизации ошибки наблюдения $|\varepsilon| = |x_2 - z| < \alpha_1$ и ее производной $|\dot{\varepsilon}| = |\dot{x}_2 - \dot{z}| = |f - v| < \alpha_2$ с заданной точностью. Для синтеза наблюдателя (4) использовались два типа корректирующих воздействий: 1) линейное $v = l\varepsilon$; 2) кусочно-линейное с насыщением $v = \mathrm{sat}_M(l\varepsilon)$, где $l, M = \mathrm{const} > 0$,

$$\mathrm{sat}_M(l\varepsilon) = \begin{bmatrix} M, l\varepsilon > M, \\ l\varepsilon, |l\varepsilon| \le M, \\ -M, l\varepsilon < -M. \end{bmatrix} \tag{5}$$

Коэффициент усиления $l > 0$, обеспечивающий заданную точность оценивания, определялся на основе оценок решений непрерывных дифференциальных уравнений относительно ошибки наблюдения и ее производной, а также разностного уравнения с учетом шага дискретизации Δt: $\varepsilon_k = \varepsilon_{k-1} + \Delta t \cdot (f_{k-1} - v_{k-1})$ в следующем виде:

$$\max\left\{\frac{F_1}{\alpha_1}; \frac{F_2}{\alpha_2}\right\} < l < \frac{2}{\Delta t}, \tag{6}$$

где F_1, F_2 – границы допустимых диапазонов изменения возмущения $f(t)$ и его производной. Из выражения (6) следует, что для достижения заданной точности оценивания нужен большой коэффициент усиления, но при ненулевой начальной ошибке $\varepsilon(0)$ это даст всплеск оценочного сигнала линейного наблюдателя. Во избежание всплеска применялось ограниченное корректирующее воздействие второго типа (5) с постоянной амплитудой $M > F_1$. В обоих случаях максимальное значение $l > 0$ ограничено величиной, обратно пропорциональной допустимому шагу дискретизации (6).

В среде MATLAB-Simulink были выполнены вычислительные эксперименты для системы (1), (3), (4) на примере математической модели перевернутого маятника. Интегрирование производилось методом Эйлера с различными постоянными шагами дискретизации. Возмущение моделировалось в виде гармонических, негладких и кусочно-непрерывных функций, меняющихся в заданном диапазоне. В установившемся режиме ошибка наблюдения не оказала существенного влияния на ошибку регулирования, во всех экспериментах цель управления (2) достигалась. Таким образом, разработанные алгоритмы робастные и не требуют перенастройки наблюдателя при изменении типа возмущения. Но наблюдатель (4) с коррекцией (5) при этом оказался более чувствительным к шагу дискретизации. Были определены предельные значения коэффициентов наблюдателя и шага интегрирования, зависящего от тактовой частотой процессора. Даны рекомендации по релевантности использования тех или иных наблюдателей в различных ситуациях.

Список литературы

1. Андриевский Б.Р., Фуртат И.Б. Наблюдатели возмущений: методы и приложения. Часть 1. Методы // Автоматика и телемеханика. 2020. № 9. С. 3–61. DOI: 10.31857/S0005231020090019.

2. Краснова С.А. Оценивание производных внешних возмущений на основе виртуальных динамических моделей // Управление большими системами: сборник трудов. 2018. № 76. С. 6–25.

УДК 681.5.015

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ УГЛА НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО СУДНА

Николаев А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
nikalej@mail.ru
Научный руководитель: Юрченков А.В., к.ф.-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В работе рассматривается задача идентификации модели угла направления движения автономного судна. В работе рассматривались результаты проведенных в лаборатории №7 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН натурных экспериментов.

Одни и те же методы идентификации могут применятся для самых разных физических объектов, при наличии подходящей математической модели, хорошо описывающей их динамику [1]. Однако, достаточно точной и общепринятой модели угла направления движения для малоразмерных речных судов нет. В связи с этим наряду с задачей идентификации возникает задача поиска оптимальной модели системы. Была проведена идентификация нескольких вариантов нелинейных моделей, построенных по аналогии с моделями применяемыми для угла направления движения морских судов, описанных в [2]. Отмечена зависимость производной угла от полной скорости и независимость от числа оборотов двигателя. Стоит, однако, отметить, что нельзя говорить об этом наверняка, так как причина большей точности может быть не в приближенности модели к реальности, а в более удачном подборе параметров.

В дальнейшем рассматривалась линейная модель, полученная на основе передаточной функции с учетом внешних возмущений:

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = \omega; \\ \dot{\omega} = -\frac{1}{T}\omega + \frac{k}{T}u + \upsilon. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь k, T – неизвестные, идентифицируемые параметры, φ – угол направления движения, ω – угловая скорость, u – управляющее воздействие. Параметр υ соответствует накопительному эффекту увеличения угла направления движения, вызванного внешними возмущениями (течение и т. п.). Идентификация объекта проводилась отдельно для трех различных значений тяги, для каждого из которых рассматривался временной отрезок экспериментальных данных на котором тяга была постоянна, а в качестве управления подавалась синусоида. Для оценки точности применялась функция потерь, значение которой вычислялось как сумма квадратов отклонений угла, вычисленного методом численного интегрирования (метод Рунге-Кутты 5-го порядка), от измеренного в процессе эксперимента значения угла на рассматриваемом промежутке времени.

Сравнивались два различных подхода к решению данной задачи: идентификация стандартным методом прикладного пакета Matlab nlgreyest (идентификация серого ящика) и методом частотной идентификации, описанном в [3], с последующим улучшением результата алгоритмом оптимизации (в работе рассматривался метод градиентного спуска). В качестве критерия, помимо точности, рассматривалось затраченное время.

Анализ полученных результатов показывает, что метод nlgreyest дает более точную оценку параметров, однако метод частотной идентификации оказывается гораздо быстрее. При этом применение стандартного метода на сокращенном промежутке (100 итераций) дает менее точный результат, т. о. нельзя сказать что уменьшение числа итераций позволит нивелировать это преимущество.

Ниже приведены полученные для каждого из трех рассматриваемых значений тяги Th процедурой nlgreyest (при достижении заданной точности) и методом частотной идентификации (для одной из рассматриваемых точек, своей для разных Th) параметры:

$$\begin{array}{llll} k_{35,\text{nlgr}} = 2.00, & T_{35,\text{nlgr}} = 3.55, & \upsilon_{35,\text{nlgr}} = -6.10, & \text{при } Th = 35\%, \\ k_{40,\text{nlgr}} = 0.28, & T_{40,\text{nlgr}} = 1.11, & \upsilon_{40,\text{nlgr}} = -7.96, & \text{при } Th = 45\%, \\ k_{45,\text{nlgr}} = 1.09, & T_{45,\text{nlgr}} = 1.82, & \upsilon_{45,\text{nlgr}} = -23.40, & \text{при } Th = 50\%, \\ k_{35,freq} = 0.63, & T_{35,freq} = 4.08, & \upsilon_{35,freq} = -5.00, & \text{при } Th = 35\%, \\ k_{40,freq} = 0.79, & T_{40,freq} = 3.56, & \upsilon_{40,freq} = -14.69, & \text{при } Th = 45\%, \\ k_{45,freq} = 0.68, & T_{45,freq} = 1.34, & \upsilon_{45,freq} = -17.88, & \text{при } Th = 50\%. \end{array} \quad (2)$$

Список литературы

1. Alexandrov V., Rezkov I., Shatov D., Morozov Y. Frequency Domain Identification of the Quadcopter Attitude Dynamics // Advances in Systems Science and Applications. 2023. № 23 (3). Pp. 1–15. DOI: 10.25728/assa.2023.23.3.1424.
2. Fossen T.I. Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control. Trondheim: Wiley, 2011. 575 p. DOI: 10.1002/9781119994138.
3. Александров А.Г. Методы построения систем автоматического управления. М.: Физматлит, 2008. 232 с.

УДК 517.977

СРАВНЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ МОДЕЛЕЙ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Усольцева В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»
lera.usoltseva.2014@mail.ru
Научный руководитель: Четвериков В.Н., д.ф.-м.н, профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки»

В работе исследуется количественная оценка управляемости относительно энергопотребления подводного аппарата цилиндрической формы при движении в вертикальной плоскости. Целью исследования является рассмотрение метода нахождения оптимальных параметров системы. В рамках работы рассматриваются два случая расположения двигателей и выясняется, какой из них эффективнее.

Рассмотрим систему

$$\dot{x} = f(x,u,\alpha), x \in \mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n, u \in \mathcal{U} \subset \mathbb{R}^m, \alpha \in \mathbb{R}^k, \quad (1)$$

где $x = (x_1,\dots,x_n)$ — состояние системы, $u = (u_1,\dots,u_m)$ — управления, $\mathcal{X}$ — область допустимых состояний, $\mathcal{U}$ — область допустимых управлений, $\alpha = (\alpha_1,\dots,\alpha_k)$ — набор параметров, $\dot{x} \equiv \frac{dx}{dt}$.

Для системы (1) ставится задача поиска параметров модели, оптимальных относительно заданного критерия качества: $\int_0^T \Phi(x(t),u(t))dt \longrightarrow extr$. Будем считать, что $x(t)$ есть случайный процесс, равномерно распределенный в области $\mathcal{X}$. Тогда задача формулируется как поиск параметров системы, для которых математическое ожидание случайной величины $\Phi(x,u)$ достигает экстремума

$$M[\Phi(x,u)] = \frac{1}{V(K_\alpha)} \int_{K_\alpha} \Phi(x,u)d\sigma \longrightarrow extr_\alpha, \quad (2)$$

где $K_\alpha = \{\dot{x} - f(x,u,\alpha) = 0 | x \in \mathcal{X}, u \in \mathcal{U}\}$.

Исследуем упрощенную модель подводного аппарата, эволюция которого ограничена в вертикальной плоскости. Двигатель 1 расположен на конце аппарата и направлен вдоль его корпуса. Двигатель 2 расположен на цилиндрической поверхности, его расположение и направление определяется углами ϕ_2, ψ_2.

Рассмотрим два случая расположения двигателя 3: 1) на цилиндрической поверхности, его расположение и направление определяется углами ϕ_3, ψ_3; 2) на переднем конце аппарата, его направление определяются углом ψ_3.

Движение аппарата в вертикальной плоскости описывает следующая система [1,2]:

$$\ddot{\xi} = Q_\theta M u - B_0, \tag{3}$$

где для случая 1: $\xi = (x, z, \frac{J\theta}{md})^T$, для случая 2: $\xi = (x, z, \frac{J\theta}{m})^T$, x, z — координаты центра масс, θ — угол наклона корпуса, m — масса, J — момент инерции, d — радиус цилиндрической поверхности аппарата, $u = (u_1, u_2, u_3)^T$ — столбец управлений: $u_l = \frac{F_l}{m}$, F_l— сила, создаваемая l-м двигателем, $l = 1,2,3$,

$$Q_\theta = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, B_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ \kappa g \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{случай 1: } M = \begin{pmatrix} 1 & \cos\phi_2 & \cos\phi_3 \\ 0 & \sin\phi_2 & \sin\phi_3 \\ 0 & \frac{\sin\psi_2}{|\sin(\psi_2+\phi_2)|} & \frac{\sin\psi_3}{|\sin(\psi_3+\phi_3)|} \end{pmatrix}, \text{ случай 2: } M = \begin{pmatrix} 1 & \cos\phi_2 & -\cos\psi_3 \\ 0 & \sin\phi_2 & \sin\psi_3 \\ 0 & \frac{d\sin\psi_2}{|\sin(\psi_2+\phi_2)|} & L\sin\psi_3 \end{pmatrix}, \tag{4}$$

$\kappa = \frac{m-m_w}{m}$, m_w — масса вытесненной воды, g — ускорение свободного падения.

Пусть матрица M невырождена [3]. Тогда система (3) переписывается в виде

$$u = M^{-1} Q_{-\theta}(\ddot{\xi} + B_0) \tag{5}$$

В качестве функционала (2) рассмотрим функцию $\Phi = \sum_{i=1}^{3} {u_i}^2$. Тогда функционал оценивает управляющую энергию, необходимую для движения по заданной траектории.

Используя интегрирование, получаем количественную оценку управляемости [3]:

$$M[u^2] = \frac{1}{6}(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + 3\kappa^2 g^2)(b_1^2 + b_2^2) + \frac{1}{3}\varepsilon_3^2 b_3^2, \tag{6}$$

где через b_i обозначены столбцы матрицы M^{-1}, b_i^2 квадрат длины вектора–столбца b_i, $\varepsilon_i = \max|\ddot{\xi}_i|, \ i = 1,2,3$.

Численное моделирование показало, что оптимальное расположение двигателей достигается в первом случае. Это указывает на то, что выбранная конфигурация обеспечивает наилучшие характеристики производительности подводного аппарата, что крайне важно для его эффективного функционирования в различных условиях.

Список литературы

1. Велищанский М.А., Четвериков В.Н. Поиск параметров модели с наилучшей локальной управляемостью // Дифференциальные уравнения. 2023. Т. 59. № 12. С. 1692–1701. DOI: 10.31857/S0374064123120099.

2. Fossen T.I. Guidance and control of ocean vehicles. Chichester: John Wiley and Sons, 1994. 480 p.

3. Пирогова А.Д., Четвериков В.Н. Количественные показатели управляемости нелинейных систем // Дифференциальные уравнения. 2024. Т. 60. № 11. С. 1519–1530. DOI: 10.31857/S0374064124110076.

РАЗДЕЛ «ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ»

СЕКЦИЯ «РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

УДК 621.454.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАСЧЕТОВ СМЕСИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ CANTERA

Букин Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
dan.bukin@mail.ru
Научный руководитель: Федотова К.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Проектирование смесительных головок жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) представляет собой сложную инженерную задачу, требующую учета большого количества параметров, таких как расположение форсунок, массовые расходы компонентов, температура в зоне смешения и геометрические характеристики форсунок отдельно.

Целью данной работы стало создание программного комплекса «Икар», позволяющего автоматизировать расчеты смесительной головки ЖРД.

Программа реализована на языке Python с в виде оконного приложения. Функционал системы включает: 1) выбор компоновки смесительной головки: пользователю предоставляется возможность задать наличие пристеночного слоя, тип форсунок и схему их расположения; 2) геометрическое построение: задаются шаги между форсунками и их геометрические размеры, на основе которых программа строит схему смесительной головки; 3) расчет массового расхода: на основе ввода начальных параметров программа автоматически решает систему из шести уравнений для расчета расходов в ядре и пристеночном слое; 4) метод Иевлева: проводится оценка равномерности смесеобразования по поверхности смесительной головки; 5) температурный анализ: с использованием библиотеки Cantera [1] и механизма GRI 3.0 рассчитывается распределение температуры по смесительной головке; 6) подбор форсунок: автоматизированный выбор и гидродинамический расчет конкретных типов форсунок.

Расчеты выполнялись в соответствии с методическими указаниями, применяемыми в учебном процессе МГТУ им. Н.Э. Баумана [2]. Для верификации результатов проводилось сравнение с данными, полученными с помощью программного комплекса «Астра» [3]. Погрешность между результатами расчетов составила менее 0,6%, что подтверждает точность и надежность алгоритмов, реализованных в программе.

Итогом работы является полноценный инструмент, охватывающий весь цикл проектирования смесительной головки – от компоновки до расчета параметров конкретных форсунок и подготовки отчетной документации. Программа позволяет значительно сократить сроки проектирования, повысить точность и автоматизировать сложные инженерные этапы. Результат можно экспортировать в Excel и использовать в CAD – программах (например, Компас 3D).

Разработка программы «Икар» демонстрирует эффективность применения современных языков программирования для решения инженерных задач в области энергетического машиностроения и может быть использована как в учебном процессе, так и в практическом проектировании ЖРД.

Список литературы
1. Goodwin D.G., Moffat H.K., Schoegl I., Speth R.L., Weber B.W. Cantera: An object-oriented software toolkit for chemical kinetics, thermodynamics, and transport processes. 2023. Version 3.0.0. DOI: 10.5281/zenodo.8137090.
2. Дорофеев А.А. Проектирование и расчет параметров и характеристик камеры жидкостного ракетного двигателя: учебное методическое пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 70 с.
3. Трусов Б.Г. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах (АСТРА.4/pc», Версия 1:16). М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995. 40 с.

УДК 621.454

ИЛОН МАСК – ВЕЗЕНИЕ ИЛИ ЗАПЛАНИРОВАННЫЙ УСПЕХ?

Зайцев А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
azv0208@gmail.com
Научный руководитель: Лоханов И.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В конце XX-го века темпы освоения космоса заметно снизились. Среди ключевых причин – сокращение государственного финансирования после завершения интенсивной фазы холодной войны, высокая стоимость технологий (в слушаниях конгресса США от 9 мая 1967 года NASA представило оценку программе «Аполлон» в 23,19 млрд. долларов США [1].), отсутствие явной геополитической конкуренции и сложность реализации долгосрочных проектов.

Государства владели монополией на космос, и прерогатива запуска космических аппаратов принадлежала только им. Однако, на рубеже XX-го и XXI-го века резко вырос спрос на коммерческие пуски с целью выведения на орбиту частных спутников и спутниковых группировок, обусловленный стремительным развитием телекоммуникаций.

Важным фактором, от которого зависит доступность космоса для коммерческих аппаратов, является стоимость запуска ракет-носителей. На начало XXI-го века стоимость выведения одного килограмма полезного груза на орбиту высотой 200 км составляла 10 тысяч долларов США [2].

Для повышения рыночной привлекательности средств выведения американский предприниматель Илон Маск создал компанию SpaceX. Пройдя путь от микрофирмы, насчитывающей 12 человек, до гиганта со штатом в 13 тысяч человек, ему удалось сократить стоимость выведения 1 кг полезной нагрузки более чем в три раза, до 2,72 тысяч долларов США [3].

Стремительный успех SpaceX обусловлен не только личностными качествами Маска как руководителя, но и эффективной организацией рабочих процессов внутри компании, а также финансовой поддержкой со стороны государства. Инженеры внутри компании работают во временных командах, сформированных под конкретные задачи. Руководители инженерных команд, в целях своевременного выявления узких мест и тупиковых направлений в развитии проектов, проводят регулярные совещания и напрямую взаимодействуют с Илоном Маском. Один из ключевых принципов его как топ-менеджера звучит так: «Включите в план возможность провала! Страх допустить ошибку губит наши шансы на успех!».

В инженерных отделах отсутствуют менеджеры. Все вышеперечисленное придает компании гибкость и в случаях неудач позволяет быстро менять направление работ, что приводит к сокращению сроков разработки новой техники.

К сожалению, SpaceX, как и другие компании Маска, отличается интенсивной трудовой культурой. Сотрудникам компании приходится работать по 60-80 часов в неделю, что зачастую приводит к эмоциональному выгоранию и высокой текучести кадров.

Несмотря на статус частной компании, SpaceX активно привлекает государственные инвестиции и контракты, которые составляют основу ее финансовой устойчивости. Только за 2024 год компания Маска заключила 344 контракта с Пентагоном и NASA на общую сумму 3,8 млрд. долларов США (а за все время существования компании – около 40 миллиардов долларов).

Таким образом, SpaceX – продукт времени, ответивший на растущий спрос в области космических запусков. Сумев решить проблему снижения стоимости выведения полезной нагрузки, Илон Маск успешно наращивает интенсивность космических запусков ракет-носителей среднего класса.

В ближайших планах богатейшего землянина – колонизация Марса.

Причинами успеха Маска можно назвать его выдающиеся организаторские способности, рациональную логистику принятия управленческих решений и постоянную государственную поддержку.

Список литературы

1. Effects of the Apollo 204 Accident on Schedule and Cost of the Apollo Program. URL: https://www.nasa.gov/history/effects-of-the-apollo-204-accident-on-schedule-and-cost-of-the-apollo-program/ (Дата обращения 25.03.2025).
2. The DARPA / USAF Falcon Program Small Launch Vehicles. URL: https://ntrs.nasa.gov/citations/20060048219 (Дата обращения 25.03.2025).
3. The Recent Large Reduction in Space Launch Cost. URL: https://ntrs.nasa.gov/citations/20200001093 (Дата обращения 25.03.2025).

УДК 621.454.3

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В СЛОЖНЫХ СЛУЧАЯХ НАГРУЖЕНИЯ

Ларин Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
lda20ea225@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Ворожеева О.А., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Развитие ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) требует повышения надежности при действии комплекса нагрузок: аэродинамических, вибрационных, ударных и температурных. Актуальность работы обусловлена необходимостью снижения сроков разработки и стоимости РДТТ при увеличении дальности полета и массы полезной нагрузки, чего можно добиться моделированием напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкции РДТТ на этапе его проектирования.

Целью исследования является разработка методики расчета НДС РДТТ с учетом переменных свойств материалов и автоматизация прочностного анализа. Основные элементы конструкции: композитный корпус типа «кокон», металлические закладные элементы, теплозащитное покрытие, заряд твердого топлива и шпангоут.

Для моделирования композитного мотаного корпуса применена классическая теория ламинатов (CLT), описывающая НДС ортотропных материалов при малых деформациях [1], [2]. Уравнения баланса многослойной оболочки интегрированы с учетом температурных воздействий. Разработана подпрограмма на языке Python для автоматизации разбиения композитного корпуса на слои в программном комплексе HyperWorks. Шпангоут

смоделирован как кольцо из одномерных элементов (CBEAM), соединенных «узел в узел» с сеткой юбки корпуса. Свойства высоконаполненных полимеров (твердое топливо, теплозащитное покрытие) рассчитаны на основе массовых долей компонентов с использованием программного инструмента Ansys Material Designer.

Граничные условия включают контактные взаимодействия типа «склейка» и приложение нагрузок (давление, точечные массы). Также, в расчет вводятся силы инерции, вычисленные на основе заданных плотностей материалов и точечных масс.

По предложенной методике проведены расчеты НДС РДТТ при минометном старте, показавшие распределение напряжений в корпусе и заряде твердого топлива с максимальным значением 6,4 МПа.

Рассмотренный комплексный подход позволяет анализировать НДС РДТТ межконтинентальных баллистических ракет с использованием метода конечных элементов.

Список литературы

1. Воробей В.В., Маркин В.Б. Основы технологии и проектирования корпусов ракетных двигателей. Новосибирск: Наука, 2003. 163 с.
2. Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1977. 144 с.

УДК 621.42.02

РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЗАВЕСЫ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ МОДЕЛЬНОГО КОМБИНИРОВАННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS FLUENT

Масленников Н.Л., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
maslennikovnl@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Федотова К.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Камера сгорания современного воздушно-реактивного двигателя (ВРД) является крайне теплонагруженным элементом, так как именно в ней происходят процессы горения топливовоздушной смеси. Одной из схем охлаждения камеры сгорания (КС) является применение жаровой трубы с конвективно-пленочным охлаждением [1]. При данном виде охлаждения поток воздуха через тракт охлаждения, образованный наружной стороной стенки жаровой трубы и внутренней стороной силовой стенки КС, попадает на внутреннюю поверхность стенки жаровой требы, создавая защитную пелену холодного воздуха. Созданный таким образом холодный пристеночный слой позволяет уменьшить конвективный тепловой поток в стенку жаровой трубы, тем самым уменьшив ее температуру [2].

Расчет теплового состояния жаровой трубы является крайне сложной задачей, в связи с большим количеством влияющих друг на друга факторов. Приближенный аналитический метод такого расчета, базирующийся на экспериментальных соотношениях для теплового потока, предложен в [3]. Целью настоящей работы является тепловой расчет жаровой трубы в более полной постановке с использованием программного комплекса ANSYS Fluent. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1) Сопряженный расчет тепловых потоков в стенку жаровой трубы модельного КРД с учетом лучистого теплообмена и смешения продуктов сгорания с завесным воздухом.

2) Определение температуры стенки жаровой трубы.

3) Сравнительный анализ распределений температуры по «горячей» стороне жаровой трубы при варьировании расхода охладителя и числа поясов завесы.

Основные использованные допущения:

1) Состав продуктов сгорания (ПС) на входе в жаровую трубу принимается равновесным, т.е. все химические превращения завершены.

2) Взаимодействие несущей стенки с окружающей средой рассматривается отдельной задачей.

Расчет проводится в двухмерной осесимметричной постановке с использованием решателя pressure based, coupled. Для учета вязких свойств среды используется модель турбулентности RANS, k-ω SST (модель Ментора). Модель переноса вещества: species transport. Одной из особенностей работы является то, что моделировались не только газодинамические процессы конвективного переноса, но и лучистый теплообмен с помощью модели discrete ordinates (DO). Следует отдельно отметить, что в данных расчетах задаётся переменная теплопроводность материала стенки, в соответствии с заданной маркой жаропрочной стали.

Для проведений численного расчета разработана сеточная модель проточного тракта модельного ВРД. Число ячеек полученной сетки составило 800 тысяч элементов. При построении сеточной модели выполнено сгущение сетки в области интереса и сгущение ячеек к стенкам. Высота первой пристеночной ячейки в зоне интереса составила 0,0015 мм, число пристеночных слоев – 32. Такой подход позволил добиться значения параметр y+ порядка единицы и меньше, что делает целесообразным использовать модель турбулентности k-ω и качественно разрешить процессы теплопереноса в пограничном и пристеночном слоях.

В результате расчетов сделаны следующие выводы:

1) Увеличение расхода охладителя приводит к уменьшению максимальной температуры стенки жаровой трубы.

2) Увеличение числа поясов завесы не оказывает значительного влияния на максимальную температуру стенки.

3) Для числа поясов завесного охлаждения порядка 4-8 штук наилучшую равномерность температуры по длине камеры сгорания обеспечивает вариант с большим расходом и меньшим числом поясов завесы. Равномерность распределения оценивалась с помощью коэффициента вариации.

Список литературы

1. Бакулев В.И., Голубев В.А., Крылов Б.А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / В.И. Бакулев, В.А. Голубев, Б.А. Крылов и др. М.: Изд-во МАИ, 2003. 688 с.

2. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.

3. Андреев Е.А., Ковалев К.Е., Шостов А.К. Расчет температур стенок жаровой трубы камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя при завесном охлаждении // Инженерный журнал: наука и инновации. 2023. В. 2. 14 с. DOI:10.18698/2308-6033-2023-2-2251.

УДК 629.7.036.22

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СЛИВА ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХЗВУКОВОГО ДИФФУЗОРА

Пухарев Е.Е., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
egorkapuharev56ray@gmail.com
Научный руководитель: Святушенко В.В., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Сверхзвуковые диффузоры являются важными компонентами аэродинамических систем летательных аппаратов, оснащенных прямоточным воздушно-реактивным двигателем,

которые непосредственно определяют их тяговые характеристики [1]. В связи с необходимостью увеличения эффективности современных высокоскоростных летательных аппаратов, актуальным является повышение рабочих характеристик сверхзвукового диффузора.

Цель работы – исследование влияния расположения щели слива пограничного слоя на характеристики диффузора.

Проведено численное моделирование трех конфигураций плоского сверхзвукового диффузора. Исследование включало базовую схему без слива пограничного слоя и две модификации со сливными щелями, расположенными на второй и третьей плоскостях сжатия центрального тела соответственно. Моделирование выполнено в стационарной постановке с использованием SST k-ω модели турбулентности на двумерной сетке с общим количеством 95000 ячеек, сгущенных в области пограничного слоя для повышения точности расчетов [2].

На первом этапе исследования для каждой из конфигураций диффузора были получены распределения параметров потока без противодавления, что позволило получить устойчивое сверхзвуковое течение в тракте. Для определения рабочих характеристик диффузора, в частности его дроссельной характеристики, далее проводилось его дросселирование путем увеличения противодавления. Процесс дросселирования сопровождался движением замыкающего скачка уплотнения вплоть до его выхода за кромку диффузора, что соответствовало границе рабочего режима диффузора. Анализ результатов показал существенную разницу в характеристиках исследуемых схем.

Базовая конфигурация диффузора без слива продемонстрировала худшие рабочие характеристики из-за значительного роста толщины пограничного слоя, приводящего к повышенным потерям давления. Схема со сливом на второй плоскости сжатия показала умеренное улучшение характеристик, однако, недостаточное из-за повторного роста пограничного слоя после зоны слива. Наиболее эффективной оказалась схема со сливом перед входом в диффузор, где прирост рабочих характеристик достиг 20% благодаря минимальному времени для развития пограничного слоя между зоной слива и входом в диффузор.

Полученные результаты убедительно доказывают преимущество позднего слива пограничного слоя для сверхзвуковых диффузоров, обеспечивающего оптимальный компромисс между пропускной способностью и потерями давления. Практическая значимость исследования заключается в возможности существенного улучшения характеристик сверхзвуковых диффузоров за счет оптимизации расположения сливных устройств.

Список литературы

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 2018. 888 с.
2. Зуев В.С., Макаров Г.И. Численное моделирование сверхзвуковых течений // Журнал прикладной механики и технической физики. 2019. Т. 60. № 1. С. 78-89.

УДК 621.454.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ЖРД НА КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА КИСЛОРОД, МЕТАН И ВОДОРОД

Холопов С.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
khol-stepa@mail.ru
Научный руководитель: Ворожеева О.А., к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Увеличение массы полезной нагрузки и снижение стоимости ее выведения на орбиту связано с повышением энергетических характеристик ракет-носителей, что с учетом тенденции к переходу на экологически безопасное топливо делает перспективным

использование трехкомпонентных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) на компонентах топлива кислород, метан и водород. Использование в трехкомпонентных ЖРД двух горючих приводит к усложнению системы подачи топлива и увеличению количества агрегатов. Особую сложность представляет согласование работы нескольких турбонасосных агрегатов (ТНА), где дисбаланс мощностей приводит к снижению коэффициента полезного действия (КПД) всей системы подачи топлива, оптимизация параметров которой является актуальной задачей.

Цель исследования заключается в разработке алгоритма выбора оптимальных параметров газогенераторов и ТНА для трехкомпонентного ЖРД на компонентах топлива кислород, метан и водород.

Система подачи топлива рассматриваемого трехкомпонентного ЖРД состоит из двух окислительных газогенераторов, работающих на кислороде и метане, двух основных ТНА (кислородно-метанового и водородного), а также трех бустерных ТНА (БТНА). Насос кислорода одноступенчатый. Насос метана состоит из двух ступеней: на первую ступень идет весь расход метана, на вторую ступень – часть, необходимая для работы газогенераторов. Водородный насос трехступенчатый. Кислородный БТНА раскручивается газовой турбиной, работающей на газогенераторном газе. Метановый и водородный БТНА в своем составе имеют жидкостные турбины, которые используют жидкий метан. Такая схема не позволяет однозначно определить необходимые давления в газогенераторах и массовый расход метана.

В работе предложен алгоритм выбора оптимальных давления в газогенераторах и расхода метана с учетом минимальных потерь мощности в многоконтурной системе питания трехкомпонентного ЖРД, основанный на решении системы уравнений энергетического баланса основных и бустерных ТНА [1] итерационным методом. При этом давления в двух газогенераторах приняты равными. Задаются расходы, КПД насосов и турбин, давления на соответствующих магистралях.

В результате расчетов получен двумерный массив данных для различных давлений в газогенераторах и расхода метана и проведен анализ результатов, который позволил определить оптимальные параметры системы питания.

Разработанный алгоритм, учитывающий расходные характеристики и КПД агрегатов, позволяет оптимизировать параметры системы питания трехкомпонентного ЖРД на компонентах топлива кислород, метан и водород на этапе проектирования двигателя.

Список литературы

1. Овсянников Б.В., Боровский Б.И. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1986. 376 с.

СЕКЦИЯ «КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ»

УДК 621.43

УСТАНОВКА ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НАДПОРШНЕВОЙ ПОЛОСТИ ЦИЛИНДРОВ ДВС С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Кравцов К.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kravtsov_kk@mail.ru
Пошивалова Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
poshivalovacatherine@mail.com
Научный руководитель: Путинцев С.В., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Обоснование и актуальность разработки. Следование существующей в настоящее время мировой тенденции повышения энергоэкономичности быстроходных ДВС за счет снижения механических потерь, обеспечиваемого, в частности, сокращением количества и уменьшением осевой высоты поршневых колец, требует разработки технических решений по сохранению уплотняющих свойств цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

Цель данного исследования состоит в разработке и проверке эффективности применения экспериментальной установки, предназначенной для количественной оценки уплотняющих свойств сопряжения «цилиндр-поршневые кольца-поршень» в условиях действия на цилиндр монтажных нагрузок от затяжки гаек анкерных шпилек, а также влияния на вышеуказанные свойства конструкционных модернизаций, температурного состояния и вариантов комплектации поршневой группы.

Метод количественной оценки уплотняющих свойств ЦПГ реализуется как контроль герметичности надпоршневой полости цилиндра, внутри которого с возможностью нахождения в любом промежуточном положении размещается поршень в сборе с поршневыми кольцами [1]. Количество этих колец на поршне, расположение их замков, конструкция поршня, уровень и характер приложенных к цилиндру монтажных усилий, конструкция цилиндра, его температурное состояние и другие входные факторы могут перед началом каждого измерения контрольной величины быть изменены в зависимости от поставленной задачи.

Контрольной величиной, которая подлежит измерению в качестве количественной оценки герметичности надпоршневой полости цилиндра, выступает *время протечки* находящегося в ней под действием создаваемого воздушным компрессором избыточного давления воздуха за пределы цилиндра, т.е. в зону атмосферного (нулевого избыточного) давления окружающего воздуха.

Конструкция установки, выполненной на базе универсального быстроходного дизеля с воздушным охлаждением 1Ч 8,5/8,0 [2] представляет собой оребренный цилиндр, размещенный в сжатом (за счет усилия анкерных шпилек) состоянии между выполненными в форме толстостенных стальных колец имитаторами блока и головки цилиндра, причем последняя предполагает вариант как герметично закрытого, так и открытого исполнения.

Метод измерения указанной выше контрольной величины основан на известном приеме экспериментального тестирования герметичности манжетных лабиринтных уплотнений цилиндров поршневых компрессоров, носящем название статической продувки, процедуру выполнения которой можно найти в ряде ранее выполненных исследований, в частности, [3].

Основные научно-технические результаты исследования состоят в:

- доказательстве положительной (с точки зрения обеспечения герметичности собственных стыков и сочленений, а также удобства и оперативности проведения экспериментов) работоспособности и пригодности установки для решения поставленных на перспективу задач;

- выявлении сходного по характеру с известными результатами поведения зависимостей давления в надпоршневой полости цилиндра от времени, что свидетельствует в пользу достоверности новых экспериментальных данных;

- получении в ходе пробных статических продувок имеющей важное научно-практическое значение информации о влиянии различных вариантов расположения и количества поршневых колец в канавках, размещения поршня по высоте цилиндра и наличия/отсутствия смазочного материала в сопряжениях ЦПГ на герметичность надпоршневой полости цилиндра.

Список литературы

1. Голубев А.И., Кондаков Л.А., Овандер В.Б. и др Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / под общ. ред. А.И. Голубева и Кондакова Л.А. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.

2. Дизели ТМЗ-450Д. Руководство по эксплуатации. 077 110 000 РЭ. 2001 г. 74 с. URL: https://fotoek.ru/rukovodstvo-po-ekspluatatsii-dvigatelya-tmz-450d/?ysclid=mc0am16izp794388207 (Дата обращения 05.05. 2025).

УДК 621.43

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ САМОЛЕТА С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНТОМОТОРНОЙ ГРУППЫ

Ложкова В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
teoremae@mail.ru
Научный руководитель: Барченко Ф.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Цель работы – разработка программы расчета работы поршневого двигателя внутреннего сгорания в зависимости от режима полета самолета с учетом его реальных характеристик. На текущем этапе работы решались задачи: разработка математической модели, алгоритма, сбор данных по выполненным конструкциям, расчет динамики летательного аппарата и сравнение результатов расчета с известными данными.

Расчет кинематики и динамики самолета необходим для настройки математической модели самолета, так как цель разрабатываемой программы определение параметров двигателя. Самолет в данном случае является сложной математической моделью сопротивления двигателю. Система уравнений динамики самолета во время полета (в стартовой системе координат [1]):

$$\begin{cases} (m_{\text{ЛА}} + m_{\text{т}}) \cdot \frac{dV_x}{dt} = P \cdot cos(\varphi) - Y_a \cdot sin(\theta) + X_a \cdot cos(\theta), \\ (m_{\text{ЛА}} + m_{\text{т}}) \cdot \frac{dV_y}{dt} = P \cdot sin(\varphi) + Y_a \cdot cos(\theta) - X_a \cdot sin(\theta) - G, \\ \frac{dx}{dt} = V_x, \\ \frac{dy}{dt} = V_y, \end{cases} \quad (1)$$

где $m_{\text{ЛА}}$ – масса самолета, кг; $m_{\text{т}}$ – масса топлива, кг; V_x , V_y – скорости самолета вдоль осей x и y, соответственно, м/с; P – тяга винта, Н; X_a, Y_a – сила сопротивления и подъемная сила

самолета, соответственно (задаются полярой самолета в зависимости от угла атаки), Н; G – сила тяжести самолета, Н; θ – угол между хордой крыла и осью x (горизонтальная ось).

Как известно [1], сила тяги винта

$$P = \alpha \cdot \rho \cdot D^4 \cdot {n_s}^2, \quad (2)$$

где α - коэффициент тяги винта задается по экспериментальным данным в виде функции шага винта и относительной поступи винта, б.р.; ρ – плотность воздуха (с учетом высоты), кг/м^3; D – диаметр винта, м; n_s – частота вращения винта, об/мин.

Для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя решается уравнение динамики вращения твердого тела:

$$J \cdot \frac{d\omega_в}{dt} = M_e - M_в, \quad (3)$$

где J – момент инерции винта и двигателя с трансмиссией, приведенного к оси вращения винта, кг·м^2; $\omega_в$ – угловая скорость вращения винта, 1/с; M_e, $M_в$ – крутящий момент двигателя и момент сопротивления винта, соответственно, Нм.

В текущей версии программы, крутящий момент двигателя задается в виде функции (табличной с аппроксимацией) двух параметров: частоты вращения коленчатого вала и степени открытия дроссельной заслонки. Момент сопротивления винта рассчитывается по формуле:

$$M_в = 30\frac{\beta}{\pi} \cdot \rho \cdot {n_s}^2 \cdot D^5, \quad (4)$$

где β – коэффициент мощности (задается экспериментальной характеристикой винта), б.р.; D – диаметр винта, м.

В результате проведенной работы, была составлена математическая, разработан алгоритм расчета. Интегрирование систем уравнений (1) и (3) проводилось с помощью численного метода Эйлера. Шаг интегрирования варьировался от 0,001 до 0,1 с. Существенной разницы в точности результатов не было установлено. Для расчета кинематики и динамики самолета необходимо задавать: площадь крыла, массу и поляру самолета, диаметр, шаг и характеристику винта (коэффициенты α, β), по двигателю необходимо построить поле M_e от частоты вращения и степени открытия дроссельной заслонки. Для учета изменения использовалась Международная стандартная атмосфера. Тестовый расчет проводился для Cessna 162 Skycatcher. Характеристику винта не удалось найти. Дроссельные характеристики двигателя Continental O200-D, устанавливаемый на указанный самолет, аппроксимировались по аналогии с автомобильными двигателями без наддува.

Рассчитанная максимальная скорость полета составила 225 км/ч, согласно официальным данным [2] составляет 219 км/ч. Рассчитанная максимальная высота полета 5507 м, согласно официальным данным – 4458 м. Рассчитанная максимальная скороподъемность составила 5,9 м/с, согласно официальным данным – 4,47 м/с. С учетом отсутствия полного набора достоверных данных, данные результаты можно считать удовлетворительными. Необходимо продолжить совершенствовать математическую модель двигателя и собирать данные по самолетам для проведения тестов и настройки экспериментальных коэффициентов.

Список литературы

1. Горбатенко С.А. и др. Расчет и анализ движения летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1971. 268 с.

2. Cessna Model 162. Pilot’s operating handbook and flight training supplement. Cessna aircraft company. Wichita, Kansas, USA. Original Issue - 22 July 2009. Revision 4 - 21 October 2011. Pp. 296. URL: http://akvictoria.by/wp-content/uploads/2016/02/Cessna-162-skycatcher.pdf?ysclid=mc0arlw4as161528818 (Дата обращения 05.05.2025).

УДК 621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШАТУННОГО ПОДШИПНИКА ДЛЯ МАЛОЙ АВИАЦИИ

Новокшонов А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
novokshonovas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Маластовский Н.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Рост удельных нагрузок в поршневых двигателях, связанный с повышением их эффективных показателей и необходимостью выполнения жёстких экологических требований [1], оказывает существенное влияние на условия работы подшипников скольжения. В этой связи снижение неопределённости при их проектировании за счет совершенствования методов расчёта является необходимым условием обеспечения работоспособности высоконагруженных деталей образующих кривошипно-шатунных механизм двигателя.

Использование методов расчета на базе решения уравнения Рейнольдса для слоя смазки позволяет в том числе уточнить нагрузки (действительное распределение давления) на детали, образующие подшипниковый узел – коленчатый вал и шатун. Говоря непосредственно о коленчатом вале, следует отметить, что действительное распределение давления по коренным и шатунным шейкам позволяет повысить достоверность результатов расчета на циклическую прочность, по сравнению с использованием модели с сосредоточенными силами.

Для подшипника скольжения коленчатого вала уравнение Рейнольдса в цилиндрических координатах выглядит следующим образом [2]:

$$\frac{1}{R^2}\frac{\partial}{\partial\Theta}\left(\frac{h^3}{\eta}\frac{\partial p}{\partial\Theta}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{h^3}{\eta}\frac{\partial p}{\partial z}\right)=6\omega\frac{\partial h}{\partial\Theta}, \quad (1)$$

где R - радиус вкладыша, м; Θ – полярный угол, рад; h - толщина зазора, м; η – кинематическая вязкость масла, м^2/с; p – давление в смазочном слое, Па; ω – угловая скорость движения одной поверхности относительно другой, рад/с.

Уравнение (1) может быть записано в стандартной форме для дифференциального уравнения второго порядка как:

$$A\frac{\partial^2 p}{\partial\Theta^2}+B\frac{\partial^2 p}{\partial z^2}+C\frac{\partial p}{\partial\Theta}+D\frac{\partial p}{\partial z}=E, \quad (2)$$

где $A=h^3/(6\eta R^2)$, $B=h^3/(6\eta)$, $C=((h_{i+1})^3-(h_{i-1})^3)/(6\eta R^2)/(2\Delta\Theta)$, $D=((h_{j+1})^3-(h_{j-1})^3)/(6\eta)/(2\Delta z)$; $E=\omega(h_{i+1}-h_{i-1})/(2\Delta\Theta)$ - коэффициенты на ортогональной конечно-разностной сетке.

При решении матричного уравнения для уравнения (2) в данной работе был реализован метод верхней релаксации в следующем виде:

$$p^{(k+1)}=\left(1-\omega_p\right)p^{(k)}+\omega_p D^{-1}\left(b-Lp^{(k+1)}-Up^{(k)}\right), \quad (3)$$

где k – номер итерации; ω_p – параметр верхней релаксации; D, L, U – диагональная, нижняя треугольная и верхняя треугольная матрицы коэффициентов соответственно [2].

В качестве критерия сходимости использовалась величина среднеквадратичной ошибки (RMSE).

Отдельной задачей являлось уравновешивание сил, передающихся на шатунный подшипник от сгорания топлива, и силы реакции от давления в масляном слое на каждом

отдельном углу поворота коленчатого вала. В данной работе для этого реализован метод оптимизации Нелдера — Мида [3].

Полученный минимальный зазор в шатунном подшипнике исследуемого двигателя составил порядка 16 мкм при максимальном давлении масла 179 МПа. Распределение давления также было передано в качестве нагрузки при расчёте циклической прочности коленчатого вала, что позволило уточнить расчёт при определении коэффициента запаса.

Список литературы

1. Маластовский Н.С., Барченко Ф.Б., Грехов Л.В., Кулешов А.С., Денисов А.А., Старков Е.Е. Формирование требований к характеристике впрыскивания высокооборотного дизеля в целях снижения токсичности // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. № 3 (63). С. 10-18.
2. Huang P. Numerical Calculation of Lubrication: Methods and Programs. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte Ltd, 2013. 410 p.

УДК: 621.436

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ

Смоликов Я.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
mabill@yandex.ru
Научный руководитель: Слепцов О.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
mabill@yandex.ru

В научном исследовании для оценки устойчивости системы автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала поршневого двигателя внутреннего сгорания (в качестве примера по внешней скоростной характеристике был рассчитан двигатель размерностью 4 ЧН 8.7/9.4) использована математическая, полученная в работе [1], а так же уравнение свободного движения системы автоматического регулирования, вывод которого представлен в [2]:

$$(A_2 p^2 + A_1 p + A_0)\varphi = 0, \quad (1)$$

где

$$A_2 = \mathrm{T}_{\text{дн}}^2 + k_s k_{\text{п}} \mathrm{T}_s \mathrm{T}_{\text{ф}} \quad (2)$$

$$A_1 = \mathrm{T}_{\text{кдн}} + k_s k_{\text{п}} \mathrm{T}_s + k_s k_{\text{п}} \mathrm{T}_{\text{ф}} \quad (3)$$

$$A_0 = 1 + k_s k_{\text{п}} \quad (4)$$

Характеристическое уравнение автоматической системы регулирования частоты вращения коленчатого вала представлена в виде дифференциального уравнения второго порядка:

$$A_2 p^2 + A_1 p + A_0 = 0 \quad (5)$$

После обозначения выбранного в качестве неизвестного параметра коэффициента усиления базового пропорционального регулятора $k_{\text{п}}=\lambda$ и решения характеристического уравнения относительно λ получим:

$$\lambda(p) = \frac{T_{\text{дн}}^2 p^2 + \mathrm{T}_{\text{кдн}} p + 1}{k_s \mathrm{T}_s \mathrm{T}_{\text{ф}} p^2 + k_s (\mathrm{T}_s + \mathrm{T}_{\text{ф}}) p + k_s} \quad (6)$$

С целью оценки устойчивости системы и ухода от частот вращения коленчатого вала используем метод функции комплексного числа выполняя условие $p= i\omega$:

$$\lambda(i\omega) = U(\omega) + iV(\omega) \quad (7)$$

после решения данной системы уравнений получаем:

$$\begin{cases} U(\omega) = \frac{B_4\omega^4+B_2\omega^2+B_0}{C_4\omega^4+C_2\omega^2+C_0} \\ V(\omega) = \frac{B_3\omega^3+B_1\omega}{C_4\omega^4+C_2\omega^2+C_0} \end{cases}, \quad (8)$$

где

$$B_4 = -\mathrm{T}_s\mathrm{T}_\phi\mathrm{T}_{дн}^2 \quad (9)$$

$$B_3 = \mathrm{T}_s\mathrm{T}_\phi\mathrm{T}_{кдн} - (\mathrm{T}_s+\mathrm{T}_\phi)\mathrm{T}_{дн}^2 \quad (10)$$

$$B_2 = \mathrm{T}_{дн}^2 + \mathrm{T}_s\mathrm{T}_\phi - (\mathrm{T}_s+\mathrm{T}_\phi)\mathrm{T}_{кдн} \quad (11)$$

$$B_1 = \mathrm{T}_s + \mathrm{T}_\phi - \mathrm{T}_{кдн} \quad (12)$$

$$B_0 = -1 \quad (13)$$

$$\mathrm{C}_4 = k_s T_s^2 \mathrm{T}_\phi^2 \quad (14)$$

$$\mathrm{C}_2 = k_s(\mathrm{T}_s+\mathrm{T}_\phi)^2 - 2k_s\mathrm{T}_\phi\mathrm{T}_s \quad (15)$$

$$C_0 = k_s \quad (16)$$

По результатам расчета были построены аналитические характеристики, по которым была проведена оценка устойчивости системы.

Список литературы

1. Поздняков Е.Ф. Анализ эффективности использования регулятора частоты вращения с последовательно включенными корректирующими звеньями в дизельном двигателе дизель-генераторной установки: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / научный руководитель – доктор технических наук, профессор В.А. Марков. Специальность: 05.04.02. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2009. 152 с.
2. Марков В.А., Грехов Л.В. Иващенко Н.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. М.: Автодата, 2005. 343 с.

УДК: 621.436

ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Федин Д.К., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
Электронная почта: mabill@yandex.ru
Научный руководитель: Слепцов О.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
Электронная почта: mabill@yandex.ru

Механические регуляторы подразделяются на регуляторы прямого и непрямого действия с сервоприводом, связывающим чувствительный элемент (датчик) с исполнительным органом.

По виду обратных связей систему автоматического регулирования можно подразделить на одноконтурные и многоконтурные (с независимыми и подчиненными контурами)[1].

Автоматические регуляторы, поддерживающие на заданном уровне управляемую величину по одному сигналу обратной связи, называются одноимпульсными. Регуляторы, на вход которых подается несколько различных сигналов (параметров), называются

многоимпульсными. Регуляторы, осуществляющие воздействие пропорционально-интегральному-дифференциальному сигналу рассогласования задания и управляемой величины описываются уравнениями вида.

Проведен анализ процессов регулирования во времени t частоты вращения ($\omega_{дг}$) вала электроагрегата с безнаддувным дизельным двигателем с прецизионным механическим регулятором при изменении электрической нагрузки $P_э(l)$ генератора.

Неустановившиеся режимы процессов регулирования частоты вращения вала дизельного электроагрегата можно описать системой линеаризованных с использованием разложения в ряд Тейлора дифференциальных уравнений элементов систему автоматического регулирования [2]:

дизельного двигателя:

$$J_{дзг}\frac{d\omega}{dt} = M_{дз}(\omega, h) - M_с(P, \omega) \quad (1)$$

$$M_{дз}(\omega, h) = \left(\frac{\partial M_{дз}}{\partial \omega}\right)_0 \omega + \left(\frac{\partial M_{дз}}{\partial h}\right)_0 h \quad (2)$$

$$M_с(P, \omega) = c_I P_э(\omega, I_э) \quad (3)$$

$$M_с(P_э, \omega) = \left(\frac{\partial M_с}{\partial \omega}\right)_0 \omega + \left(\frac{\partial M_с}{\partial P_э}\right)_0 P_э \quad (4)$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} n_{дв} \quad (5)$$

где $J_{дзг}$ приведенный к валу дизельного двигателя момент инерции вращающихся частей двигателя и генератора [кг · м^2]; ω - угловая частота вращения вала дизельного электроагрегата [с]; n - частота вращения вала дизельного электроагрегата [мин$^{-1}$]; $M_{дз}(\omega, h)$ - крутящий момент дизельного двигателя [Н · м]; t - время [с]; $M_с(P_э, \omega)$ - момент сопротивления на валу элек- трогенератора [Н · м]; $P_э$, - текущее значение электрической мощности [кВт]; h - текущее значение перемещения рейки насоса высокого давления дизельного двигателя [мм]; $I_э$ - ток нагрузки генератора [А].

- прецизионного механического регулятора [2]:

$$m_{рег}\left(\frac{d^2 Z_{рег}}{dt^2}\right) + v\left(\frac{dZ_{рег}}{dt}\right) + E(h) = \left[A(h)\left(\frac{n_{дг}\pi}{30}\right)^2\right] i_{рег}^2, \quad (6)$$

$$\mathrm{E(h)} = \mathrm{a_1 h + a_0}, \quad (7)$$

$$\mathrm{A(h)} = \mathrm{в_1 h + в_0}, \quad (8)$$

$$\mathrm{Z} = K_п h, \quad (9)$$

где $m_{рег}$ - приведенная к муфте регулятора масса чувствительного элемента (грузиков) прецизионного механического регулятора [с^2/м^2]; v — фактор торможения, численное значение которого зависит от площади сопрягающихся при движении поверхностей трения муфты регулятора [Н · с/м].

Проведено моделирование в программном комплексе *SiminTech*, получены характеристики переходных процессов по частоте вращения коленчатого вала дизельного двигателя.

Список литературы

1. Поздняков Е.Ф. Анализ эффективности использования регулятора частоты вращения с последовательно включенными корректирующими звеньями в дизельном двигателе дизель-генераторной установки: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Марков. Специальность: 05.04.02. М.: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2009. 152 с.

2. Марков В.А., Грехов Л.В. Иващенко Н.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. М.: Автодата, 2005. 343 с.

УДК: 621.436

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ ЛИНИЕЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ДИЗЕЛЕ

Шутов М.Л., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
Электронная почта: mabill@yandex.ru
Научный руководитель: Слепцов О.Н., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение».
Электронная почта: mabill@yandex.ru

В современном двигателестроении выбор типа топливной аппаратуры обеспечивает процесс топливоподачи для поддержания технико-экономических характеристик двигателя внутреннего сгорания. В данном исследовании проведен расчет и анализ функциональности топливного насоса низкого давления, с учетом его технических характеристик, преимуществ и недостатков.:

Исходным условием работоспособности на дизельном топливе линии низкого давления автотракторных дизелей в соответствии с техническими условиями:

$$\begin{cases} p_{\text{к}} = \left[p_{\text{к}}\right]_{\text{доп}}; \\ Q_{\text{к1}} \geq 2Q_{\text{тнвд}}; \\ Q_{\text{к2}} \geq Q_{\text{тнвд}}; \\ p_E \geq \left[p_E\right]_{\text{доп}}, \end{cases} \quad (1)$$

где $p_{\text{к}}$ – давление на входе в топливный насос высокого давления [МПа]; $Q_{\text{к}}$ – объемный расход в точке на вход в топливный насос высокого давления [МПа] , м^3/с; p_E – давление вакуумметрическое на вход в топливный насос высокого давления [МПа]; $[p_{\text{E}}]_{\text{доп.}}$ – допустимое назначенное давление разряжения в топливный насос высокого давления [МПа]; $Q_{\text{тнвд}}$ – объемный расход топлива линией низкого давления.

Для получения характеристик используем модель расчета:

$$\begin{cases} \text{Q}_{\text{с}} = \dfrac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot \dfrac{dh_c}{dt} \\ \text{Q}_{\text{ш}} = \dfrac{\pi \cdot d_ш^2}{4} \cdot \dfrac{dh_ш}{dt} \\ \Delta p_{ij} = \xi_i \cdot \dfrac{V_{ij}^2}{2} \rho_T \\ V_{ik} = \varphi_i \sqrt{\dfrac{2}{\rho_T} \cdot \Delta P_i} \\ V_{ij} = \dfrac{Q_{ij}}{f_{ij}} \\ Q_{ik} = \mu \cdot f_{ik} \cdot V_{ik} \\ Q_{ik} = Q_{ij} \end{cases}. \quad (2)$$

Q_c - объем топлива, вытесняемый поршнем насосом низкого давления при движении из нижней мертвой точки до верхней мертвой точки м^3; $Q_ш$ - объем топлива, вытесняемый толкателем ННД при движении поршня из НМТ в ВМТ, м^3; Δp_{ij} - потеря давления на участке

i, МПа; V_{ik} - скорость протекания топлива через клапан *i*, м/с V_{ij} - скорость протекания топлива по участку *i*, м/с; Q_{ik} - расход топлива через клапан i, м^3; Q_{ij} - расход топлива через сечение *i* насоса низкого давления м^3. После расчета получены характеристики давления на всех участках насоса низкого давления.

Список литературы

1. Слепцов О.Н. Эффективность применения топлив растительного происхождения в АПК: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2007 г. 184 с.
2. Слепцов О.Н. Проблемы в топливной системе дизеля при использовании вязких топлив. // Грузовик. 2012. № 1. С. 14-17.

СЕКЦИЯ «ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И КОМБИНИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ»

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Стецкая Т.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
steckaya_tatyana1@mail.ru
Научный руководитель: Новицкий Б.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В настоящее время существует множество отечественных и зарубежных методик, позволяющих с различной степенью точности и допущениями спроектировать центробежный компрессор (ЦБК). Несомненно, основной задачей проектирования является достижение наивысших показателей газодинамической эффективности. Оценить совершенство полученной геометрии проточной части и получить параметры рабочего процесса компрессора можно экспериментальным или расчетным путем.

Целью данного исследования является оценка влияния изменения геометрической формы проточной части рабочего колеса (РК) ЦБК на газодинамические характеристики ступени компрессора газотурбинного двигателя. Первый этап работы посвящен получению характеристики ступени с исходной геометрией РК на номинальной частоте вращения с помощью комплексного расчета методом «контрольных объёмов» в программном комплексе ANSYS CFX.

Во втором этапе было произведено перепрофилирование проточной части РК в модуле Blade Gen в ANSYS и построение характеристики ступени аналогичным способом с целью дальнейшего её сравнения с полученной ранее. Геометрия модифицировалась согласно апробированным методикам [1]: хорда лопатки удлинена на 20%, изогнутость втулочной части меридионального контура смещена на 3 мм в осевом направлении против движения потока и на 3 мм в радиальном по увеличению радиуса.

В обеих постановках задачи в процессе подготовки моделей элементов ступени для постановки на расчет был принят ряд допущений:

1) Задача осесимметрична;
2) Галтели между лопатками и покрывным диском отсутствуют, так как это слабо влияет на получаемые характеристики ступени [2];
3) Все лопатки спрямляющего аппарата одинаковые.

Число элементов расчетной сетки для рабочего колеса до и после внесения изменений составило более 1 000 000, для лопаточного диффузора (ЛД) более 67 000, для спрямляющего аппарата (СА) – более 72 000 соответственно. Произведена настройка граничных условий в блоке Setup в ANSYS путем задания граничных условий:

1) Частота вращения РК – номинальная;
2) Полное давление на входе 101325 Па;
3) Полная температура на входе 288 К;
4) Статическое давление за СА варьировалось от атмосферного с шагом в 10 кПа с каждым последующим расчетом;
5) Модель турбулентности «SST»;
6) Количество итераций не менее 300;
7) Значение невязок 10^{-6}.

В результате серии расчетов были построены газодинамические характеристики компрессора на номинальной частоте вращения с исходным и модифицированным РК. Сравнительный анализ показал, что КПД ступени после перепрофилирования вырос с 0,558

до 0,624 (на 11%), степень повышения давления – с 2,35 до 2,62. При дальнейшем повышении выходного статического давления расчет начинал «разваливаться», что может соответствовать началу помпажа вследствие срыва потока с лопаток компрессора [3]. После перепрофилирования РК из-за уменьшения зоны отрыва в ЛД произошёл рост расхода, а также увеличение запаса газодинамической устойчивости. Картина течений в межлопаточном канале при равных статических давлениях на выходе практически не изменилась: по-прежнему наблюдаются значительные отрывы потока с лопаток ЛД по стенке у корня РК.

В дальнейшем планируется внести изменения в геометрию РК с целью снижения зон отрывов и повышения КПД.

Список литературы

1. Бекнев В.С., Куфтов А.Ф., Тумашев Р.З. Расчет и проектирование центробежных компрессоров ГТД: методические указания. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. 44 с.
2. Новицкий Б.Б. Сравнение методов замыкания при моделировании течения в малоразмерном центробежном компрессоре // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 6. С. 67-82.
3. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н. Теория авиационных двигателей. Ч. 1. М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2005. 366 с.

УДК 621.438

ВЛИЯНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ЛОПАТОК СОПЛОВОГО АППАРАТ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ТУРБИНЫ

Ступоченко В.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
stupochenko.v@mail.ru
Научный руководитель: Новицкий Б.Б., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Целью данной работы является исследование влияния угла установки соплового аппарат на характеристику малоразмерной турбины.

Первый этап - построение математической модели, который включал в себя:

1. Построение 3d модели
2. Формирование расчетной сетки
3. Задание граничных условий
4. Настройка вывода результатов

3d модель состоит из лопатки соплового аппарат (СА) и лопатки рабочего колеса (РК). Профили лопатки РК были получены профилированием по методике изложенной в учебном пособии по проектирования газовой турбины [1]. Проточную часть формируют поверхности на периферии и в корне.

Расчётная сетка была построена в программе TurboGrid. При построении сетки были приняты следующие допущения: задача осесимметричная, осевой зазор между статорной частью и диском РК отсутствует. Зазор между лопаткой РК и корпусом задан 0,4 мм. Полученная сетка отвечает следующим требованиям:

- максимальное значение отношения площадей граней ячейки <100;
- отношение наибольших к наименьшим объемам, окружающим узел <20.
- углы – не менее 15 и не более 165 градусов

В блоке Setup программного комплекса ANSYS CFX были заданы следующие граничные условия: полная температура газа, статическое давление на выходе из РК, давление на входе в СА варьировалось, расчет проводился на частотах вращения 70 000, 100 000 и

120 000 об/мин, модель турбулентности Shear Stress Transport (SST), количество итераций не менее 400, значение невязок 10^{-6}.

SST модель турбулентности Ментера является некой комбинированной моделью турбулентности, основанной на использовании K-ω модели в пристеночных областях и K-ε модели в областях, находящихся на достаточном удалении от стенки [2].

Качественной оценкой результатов расчёта является анализ иллюстрации течений и распределения чисел Маха. Перед проведением исследования была проведена верификация расчёта. Верификация проводилась на номинальном режиме.

Характеристикой турбины является зависимость параметра расходы газа через турбину (А) от степени расширения газа в турбине. Параметр расхода рассчитывается по формуле (1). Коэффициент полезного действия (КПД) турбины получен как отношение сработанного теплоперепада к располагаемому [3]. Из зависимостей следует, что с ростом степени понижения давления расход газа через турбину растет, КПД имеет экстремум.

$$\mathrm{A} = G_{\mathrm{г}} \cdot \frac{\sqrt{\mathrm{T_г}}}{\mathrm{p_г}} \qquad (1)$$

Для проведения исследования был рассмотрен ещё один вариант установки лопаток СА. В новом варианте угол установки лопаток был увеличен, что привело к увеличению площади горла канала.

По результатам анализа зависимостей двух вариантов установки лопаток СА сделаны выводы. Увеличение угла установки лопаток СА привело к росту параметра расхода. Но при этом КПД в тех же точках характеристики снижается на всех режимах.

Список литературы

1. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Теория и проектирование газовой турбины: учеб. пособие по курсу «Лопаточные машины газотурбинных и комбинированных установок. Газовые турбины». Ч.1. / Под ред. М.И. Осипова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2006. 104 с.
2. Платонов И.М. Тепло-массообмен при взаимодействии струй в режиме газодинамического управления летательным аппаратом : дисс. … канд. техн. наук : 01.04.14 / науч. рук. Л. В. Быков; Москва: МАИ, 2019. 127 с.
3. Иноземцев А.А., Саландрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. Пермь: ОАО Авиадвигатель, 2006. 1195 с.

СЕКЦИЯ «ХОЛОДИЛЬНАЯ, КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА, СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ»

УДК 62-533.66

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КРИОРЕФРИЖЕРАТОРА ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 500 Вт

Андреев В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
andreevvv@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Устюгова Т.Г., к.т.н., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Криогенные рефрижераторы всегда являются сложными системами, обеспечение работоспособности которых связано с контролем и регулированием большого количества технологических параметров.

Рассматриваемый криогенный рефрижератор разработан на основе цикла высокого давления. Рабочим веществом в цикле является неон. Расчетная холодопроизводительность системы 500 Вт.

Объектом охлаждения является сверхпроводящий накопитель энергии, служащий для уменьшения колебаний суммарной энергии системы Нуклотрона и Бустера. К особенностям накопителя энергии относится применение высокотемпературного сверхпроводника, навитого на трубки системы охлаждения, и динамическое изменение тепловыделений, связанное с постоянным изменением протекающего в проводнике тока.

Для компенсации динамической нагрузки на систему криогенного обеспечения применяется «демпфер» холода – запас жидкого неона в сепараторе и неоновой ванне. Система одноконтурная, т.е. контур циркуляции является частью системы рефрижератора. Течение неона через объект охлаждения обеспечивается перепадом давлений в сепараторе жидкого неона и неоновой ванне.

Было рассмотрено 3 случая совместной работы «рефрижератор + сверхпроводник»:

1. Равенство холодопроизводительности установки и тепловыделений объекта охлаждения
2. Избыточная холодопроизводительность
3. Недостаточная холодопроизводительность

В первом случае уровни в сосуде остаются постоянными, параметры в точках равны расчетным. Во втором- избыточный жидкий неон аккумулируется в неоновой ванне (уровень жидкости растет), происходит запасание «холода». В третьем случае происходит форсирование снятия тепловой нагрузки посредством увеличения расхода циркулирующего неона через объект охлаждения, уровень в сосудах уменьшается, реализуется запасенный «холод».

Было выделено 5 основных режимов работы установки:

1. Пусковой режим
2. Режим накопления жидкости
3. Вывод установки на расчетный режим
4. Режим термостатирования SMES
5. Режим отогрева системы

На каждом режиме работы были выделены основные контролируемые параметры системы, методы воздействия на них. Рассмотрена работа запорно-регулирующей арматуры и автоматики.

Рассмотрены контрольно-измерительные приборы, применяемые в установке, определены диапазоны их измерений, номинальные значения измеряемых параметров [1].

Список литературы
1. Khodzhibagiyan H., Drobin V., Dorofeev G.et al. An approach to development of the HTS magnet for SMES at JINR. // Journal of Physics Conference Series. 2020. № 1590. DOI: 10.1088/1742-6596/1590/1/012057.

УДК 621.565.6

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМЕСЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ДО 120 К

Кондаков С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kondakovsa@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Бычков Е.Г., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Холодильные машины на температурном уровне до 120 К применяются для камер хранения биоматериалов, низкотемпературной термообработки металлов и сплавов, создания и обработки полупроводников, криомедицины и криохирургии, климатических камер для проведения испытаний, в технологическом процесса применения материалов с эффектом памяти формы, лабораторных исследованиях, получения и транспортировки сжиженного природного газа.

Целью исследования является разработка и исследование холодильной машины для хранения медико-биологических объектов при температуре 120 К. Для достижения данной цели необходимо выбрать тип холодильной машины для генерации холода на требуемом температурном уровне, проанализировать показатели эффективности и производительности смесевых холодильных в диапазоне температур до 120 К, выбрать схемное решения холодильной машины для генерации «холода» на искомом температурном уровне, определить оптимальный «циркулирующий» состав смеси [1].

Для реализации термостатирования на данные температурный уровень могут использоваться различные типы холодильных машин. Выбраны холодильные машины, работающие на многокомпонентных смесевых хладагентах (МСХ), из-за низких давления в цикле, работы на базе серийно-выпускаемых компонентов, простоты конструкции; малому весу и габаритам; высокой надежности; относительно низкой стоимости и стабильности уровня термостатирования. Было проанализировано 170 статей, с течением времени количество статей по тематике МСХ увеличивается.

В результате анализа источников было выявлено, что не существует методики расчёта, которая бы давала достаточно близкий результат теоретических расчётов к экспериментальным. Это возможно из-за того, что не учитывается возможное образование нескольких жидких фаз при определении соотношений концентраций компонентов, влиянием масла на характеристики потока МСХ пренебрегают, теплопритоками к дросселям и к теплообменникам пренебрегают, возможным изменением состава МСХ пренебрегают. Поэтому существует необходимость в создании методики расчёта, которая бы учитывала практические особенности работы ХМ

В основном в статьях рассматривались 4 варианта схем: Линде-Хэмпсона, с отделителем жидкости, с предварительным охлаждением, с эжектором. Наиболее распространённые схемы это Линде-Хэмпсона, главным достоинством которой является простота и схема с отделителем жидкости, которая позволяет повысить энергоэффективность цикла [2]. Цикл с предварительным охлаждением, который обладает большей энергоэффективностью, в основном используется для достижение более низких температур, также обладает преимуществом независимости от температуры окружающей среды. Схемы с

эжекторами на данный момент только начали разрабатываться и на данный момент недостаточно экспериментальных данных, чтобы сравнить их с другими схемами.

При анализе статей была замечена тенденция по разработке негорючих смесей, а также применение веществ с низким потенциалом глобального потепления (ПГП) для этого применялись смеси с современными хладагентами из группы гидрофторолефинов (ГФО).

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

Для реализации процесса термостатирования на температурном уровне 120К выбрана холодильная машина, работающая на МСХ, потому что является наиболее энергоэффективной при низкой стоимости за счёт использования серийно-выпускаемых компонентов и простоте конструкции.

Современные работы направлены на повышение энергоэффективности и снижению ПГП рабочего тела для достижения этих целей применяются:

эжекторы;

предварительное охлаждение;

современные хладагенты группы ГФО.

В ходе дальнейших исследований планируется создание инструмента для расчёта МСХ с учётом экспериментальных данных и возможностью учитывать образование нескольких жидких фаз. Экспериментальной проверки расчётных данных в широком диапазоне параметров.

Список литературы

1. Bychkov E.G. An integrated approach for designing Joule-Thomson refrigerators operating with mixtures // Applied Thermal Engineering. 2022. V. 202. № 117837. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117837.

2. Wei Y. et al. Thermodynamic analysis of single-stage mixed-refrigerant Joule-Thomson cycle at cooling temperature from 100 to 180 K // Proceedings of the 28th International Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2022. ICEC28-ICMC 2022 (Hangzhou, 25-29 April, 2022). Advanced Topics in Science and Technology in China. Singapore: Springer Nature Singapore. 2022. V. 70. Pp. 387-393. DOI: 10.1007/978-981-99-6128-3_49.

УДК 662.769.2

БУСТЕР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С МЕЖСТУПЕНЧАТЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ ДЛЯ ЗАПРАВКИ ВОДОРОДОМ

Крошкина Д.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
teoremae@mail.ru
Научный руководитель: Архаров И.А., д.ф.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Развитие водородной энергетики требует создания эффективной инфраструктуры, включая заправочные станции для транспорта на топливных элементах. Данная работа посвящена проектированию и расчету ключевых элементов водородной заправочной станции (ВЗС), таких как компрессор высокого давления с межступенчатым охлаждением, системы хранения и диспенсеры. Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на экологически чистый транспорт и необходимостью оптимизации технологических процессов для снижения энергетических затрат и стоимости заправки.

Современные ВЗС классифицируются по методу получения и подачи водорода:

– Станции с жидким водородом (LH_2): оснащены системами газификации и компрессии. Преимущество — высокая плотность хранения, недостаток — энергоемкость поддержания криогенных температур (-253°C).

– Станции с доставкой сжатого газа (CGH_2): водород поставляется в трейлерах под давлением 200 бар, после чего сжимается до 400–700 бар.

– Станции, подключенные к газопроводам: используют магистральный водород, который дополнительно сжимается до рабочих параметров.

– Станции с электролизом на месте: компактные электролизеры генерируют газ, который затем компримируется.

Для транспортных средств (БПЛА, автомобили) критичны давление (350–700 бар) и скорость заправки. Например, заправка 12-литрового баллона БПЛА должна занимать не более 10 минут. Проектируемая в работе ВЗС включает следующие компоненты:

– Композитные баллоны типа IV для CGH_2 (давление до 700 бар).

– Компрессор высокого давления: двухступенчатая система с межступенчатым охлаждением: давление всасывания 50 бар; межступенчатое давление 137 бар; давление нагнетания 350 бар; диаметр поршней 45 мм (1 ступень), 70 мм (2 ступень).

– Систему охлаждения: теплообменники типа «труба в трубе» длиной 226 см.

– Диспенсеры: автоматизированные колонки с контролем утечек и температурным мониторингом.

Расчеты показали, что для заправки 135-литрового автомобильного бака за 10 минут требуется производительность 20 л/мин. Геометрические параметры поршней подобраны с учетом запаса на тепловое расширение [1, 2]. При моделировании концевого теплообменника увеличение диаметра патрубка холодного потока (воздуха) до 22 мм привело к росту длины теплообменной поверхности до 30 м для достижения оптимальных чисел Рейнольдса (Re ~20 000) и Нуссельта (Nu ~384). В работе предложена инженерная модель ВЗС, адаптированная под требования современных потребителей — от БПЛА до грузового транспорта. Дальнейшие исследования направлены на интеграцию станций с возобновляемыми источниками энергии и снижение себестоимости компонентов. Развитие водородной инфраструктуры станет ключевым фактором перехода к углеродной нейтральности в транспортном секторе.

Список литературы

1. Страхович К.И., Френкель М.И., Кондряков И.К., Рис В.Ф. Компрессорные машины. М.: Гос. изд-во торговой литературы, 1961. 600 с.

2. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Том 1. Теория и расчет. / 3-е изд., доп. М.: КолосС, 2006. 456 с.

УДК 533.9.07+ 629.7.048

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СОСТАВЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Кузнецов А.Г., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kuznetsovag@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Воронов В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Существуют среды с ограниченным или полным отсутствием кислорода, такие как подводная, космическая, а также пожар. Разработка систем и аппаратов, позволяющих человеку длительное время находиться в среде без доступа кислорода (возможно более суток),

является актуальной задачей. Интерес вызывает система, работающая с применением плазменного метода регенерации кислорода в дыхательной смеси [1, 2], поскольку такая система в идеальном случае ограниченна лишь емкостью источника питания. Этот метод основан на эффекте синтеза и диссоциации молекул при прохождении их через газоразрядный контур. В зависимости от типа разряда, расхода вещества, геометрии газоразрядного контура и способа ввода энергии в него, меняются продукты реакции. На данный момент времени перспективными и активно изучающимися являются импульсные газоразрядные системы, преимуществом которых является малое потребление электричества, малые габариты и высокая степень неравновесности плазмы, что в совокупности позволяет создать эффективное устройство, небольшое по размеру, но также и способное работать от мобильных источников питания в виде аккумуляторов. Также следует заметить, что такие системы возможно масштабировать в случае, если вместо индивидуальной системы жизнеобеспечения необходимо создать устройство, способное регенерировать большое количество газовой смеси для каких-либо замкнутых систем.

Для исследования возможности создания такой системы был собран экспериментальный стенд. Он состоял из баллона с углекислым газом высокой чистоты, регулятора расхода, плазмохимического реактора и датчика кислорода, работающем на электрохимическом методе и находящимся в герметичной емкости для отсутствия влияния на показания кислорода из окружающей среды.

Эксперимент проходил следующим образом: перед началом его проведения в плазмохимическом реакторе выставлялся межэлектродный зазор, после чего система продувалась углекислым газом до тех пор, пока воздух из нее не будет полностью удален. Затем выставлялся необходимый расход и запускался плазмохимический реактор. Через определенное время, когда значения на датчике переставали меняться, производилась запись полученных результатов.

По результатам экспериментов было получено, что максимальная концентрация кислорода (5,2%) образуется при зазоре 3 мм при потребляемой мощности, равной 230 Вт.

В случае использования гелиокса (смеси гелия и кислорода в соотношении 80% и 20%) возможно увеличение количества перерабатываемого углекислого газа вследствие уменьшения его парциального давления, а также наличия гелия, положительно влияющего на степень конверсии веществ в неравновесной плазме

Также получаемый газ был пропущен через салфетку с раствором иодида калия KI, поскольку во время проведения эксперимента было обнаружено, что получаемая смесь обладает резким запахом, напоминающим озон.

По результатам эксперимента салфетка обрела коричнево-желтый окрас с максимальным потемнением в месте выхода газа и трубки, что свидетельствует о наличии в конечной смеси озона. Это означает, что часть энергии в плазмохимическом реакторе затрачивается на образование озона, который можно переработать в кислород с помощью соответствующих реактивов. Это позволит дополнительно повысить процентное содержание кислорода в смеси, не увеличивая значения вводимой мощности в разрядный контур, что означает использование менее громоздких источников питания и, таким образом, дополнительное облегчение устройства.

Как вывод можно указать, что описанный выше способ регенерации дыхательной смеси является перспективным, эффективным, а в случае дальнейшего изучения процессов, проходящих внутри плазмохимического реактора и получаемых на выходе веществ, возможно создание компактного автономного устройства для индивидуальной переработки выдыхаемого человеком углекислого газа в кислород.

Список литературы

1. Леонов С.В., Жгута В.А. Экспериментальное исследование процесса конверсии CO2 с применением технологии плазменного пиролиза // Молодежь и современные

информационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (Томск, 21-25 марта 2022 г.). Томск: Изд-во ТПУ. 2022. С. 306-308.
2. Wang J., AlQahtani M.S., Wang X., Knecht S.D., Bilén S.G., Song C. and Chu W. One-step plasma-enabled catalytic carbon dioxide hydrogenation to higher hydrocarbons: significance of catalyst-bed configuration. // Green Chemistry. 2021. V. 23. I. 4. Pp. 1642-1647.

УДК 621.5

СРАВНЕНИЕ СХЕМ С ЗАТОПЛЕННЫМ ИСПАРИТЕЛЕМ И СХЕМЫ С ПРЯМЫМ РАСШИРЕНИЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Кызыма О.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Olesya140@list.ru
Научный руководитель: Воронов В.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В современных системах охлаждения и кондиционирования воздуха эффективность и надежность являются ключевыми факторами, определяющими их эксплуатационные характеристики. Затопленные испарители и схемы прямого расширения (DX) представляют собой два широко используемых подхода в холодильной технике. Важной составляющей холодильного цикла является анализ холодильного коэффициента, анализ которого был проведён в данной работе. Анализ основывается на определении значения коэффициента для обоих вариантов реализации холодильной установки. Оценка коэффициента осуществляется как теоретически, так и экспериментально, что позволяет выявить различия в производительности и выявить факторы, влияющие на эффективность систем.

Теоретическое определение холодильных коэффициентов для холодильной машины (ХМ).

Для сопоставления экспериментальных и теоретических результатов необходимо при расчете теоретического холодильного коэффициента задаться теми же параметрами, на которых работает холодильная установка, рассмотренная в экспериментальной составляющей произведенного анализа. Холодильный коэффициент [1] — это безразмерная величина, равная отношению удельной холодопроизводительности установки к удельной работе компрессора: $\varepsilon = \frac{q_x}{l}$.

Рассмотрим параметры, на который рассчитана холодильные установки:

- используемый хладагент − R404a,
- холодопроизводительность− Q=1100кВт,
- температурный уровень $t_{\text{конд}} = 32{,}5℃, t_{\text{кип}} = -11℃$.

Теоретический ходильный коэффициент, рассчитанный по программе MYCOM (на холодильной машине установлен компрессор производства компании MYCOM) равен:

- для установки, реализованной по DX-схеме теоретический холодильный коэффициент составляет $\varepsilon = 2{,}62$;
- для холодильной машины, работающей по схеме с затопленным испарителем $\varepsilon = 2{,}61$.

Экспериментальное определение холодильных коэффициентов для холодильной машины

Для определения экспериментального холодильного коэффициента необходимо проанализировать работу двух реально существующий холодильных машин работящих на приближенно равных режимах работы, различающихся по схеме реализации: одна холодильная машина работает по схеме с затопленным испарителем, другая- по DX схеме.

В среднем холодильный коэффициент равен:

- для установки, реализованной по DX-схеме экспериментальный холодильный коэффициент составляет $\varepsilon = 1{,}61$;
- для холодильной машины, работающей по схеме с затопленным испарителем $\varepsilon = 1{,}61$.

Полученные результаты меньше результатов, рассчитанных теоретически.

Факторы, влияние которых могло сказаться на различии холодильных коэффициентов, вычисленных теоретически и экспериментально:

- реальный коэффициент полезного действия (КПД) компрессора меньше, чем 0,6.

Износ и загрязнение компонентов уменьшают эффективность системы.

- погрешность полученных результатов экспериментальных измерений влияет на результаты.

Подробный анализ причин различия результатов расчета холодильного коэффициента теоретического и экспериментального является задачей для дальнейшего исследования.

Понимание различий между холодильными машинами, работающими по схеме с затопленными испарителями и DX-схеме критично для выбора оптимального оборудования в зависимости от специфических потребностей. По итогам анализа холодильных коэффициентов, найденных для обоих вариантов реализации ХМ, было выявлено незначительное влияние выбранной схемы на эффективность установки. Оба варианта имеют свои уникальные характеристики, подходящие для различных областей применения.

Описание преимуществ и недостатков схем

1. Принцип работы:

- Затопленный испаритель заполнен жидким хладагентом, который поглощает тепло, испаряется и поднимается к компрессору, минимизируя риск мокрого хода.

- В прямой системе расширения испаритель работает в режиме, когда хладагент частично испаряется, что требует мер для предотвращения мокрого хода

2. Конструкция испарителя:

- Затопленный испаритель имеет резервуар для контроля уровня жидкости, что предотвращает попадание жидкости в компрессор.

3. Изменение холодопроизводительности:

- ХМ, реализованная по схеме с затопленным испарителем. Уровень жидкости контролируется датчиками, а автоматическая система управляет добавлением или удалением хладагента для оптимизации производительности.

4. Эффективность и надежность:

- ХМ, реализованная по схеме с затопленным испарителем, зачастую более эффективна в поддержании стабильной температуры и предотвращении мокрого хода, что увеличивает срок службы оборудования.

5. Габариты установки:

- ХМ, реализованная по схеме с затопленным испарителем, требует резервуара, увеличивая объем установки, тогда как установки, работающие по DX-схеме, как правило, более компактны, так как хладагент испаряется непосредственно в испарителе без необходимости в резервуаре с жидкостью.

6.Применение:

- ХМ, реализованная по схеме с затопленным испарителем, используется в крупных системах охлаждения, где требуется высокая надежность и эффективность.

- установки, работающие по DX-схеме, широко применяется в бытовых кондиционерах и холодильниках, где требуется простота конструкции и компактность.

Также необходимо рассматривать применение одного из рассмотренных вариантов совместно с другими инженерными решениями, в сочетании с которыми эффективность установки возрастает. Например, установки, оснащенные винтовыми компрессорами и затопленными испарителями, позволяют повысить холодильный коэффициент и снизить

энергопотребление более чем на 10%, практически не повышая металлоемкости установок и незначительно увеличивая количество хладагента [2].

Различия между установками, работающими по схеме с затопленными испарителями или по DX-схеме имеют важное значение для правильного выбора оборудования в зависимости от конкретных требований.

Список литературы

1. Тимофеевский Л.С. Холодильные машины: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Политехника, 1997. 995с.
2. Сушенцев А.В., Спасский А.А. Применение затопленных испарителей в водоохлаждающих установках // Холодильная техника. 2014. № 9. С. 2-4.

УДК 629.543

АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ СИСТЕМ КРИОГЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ

Соболева Д.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
sobolewa.dariana@yandex.ru
Научный руководитель: Бычков Е.Г., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Транспортировка сжиженного природного газа (СПГ) морскими путями является ключевым методом доставки газа в регионы, удаленные от месторождений, где прокладка трубопроводов экономически нецелесообразна. Танкеры-газовозы — это привилегированный, быстроходный класс углеводородных судов. СПГ транспортируют при атмосферном давлении и температуре близкой к точке кипения метана (111,7 К) в специальных термоизолированных резервуарах (танках) внутри корпуса танкера-газовоза.

Отпарным газом (от англ. Boil-Off Gas (BOG)) принято называть газ, который образуется за счет испарения СПГ в процессе его хранения и транспортировки. Данный процесс постоянен. К причинам образования BOG относятся:

- теплопритоки из окружающей среды к резервуарам с СПГ при транспортировке продукта;
- динамика транспортировки при таком явлении, как слошинг. При колебаниях жидкости в частично заполненных танках колеблются значения температуры и давления и усиливают испарение.

Правильная утилизация BOG предотвращает взрыв в грузовом танке из-за повышенного давления. Игнорирование разумного обращения с отпарным газом ведет к уменьшению объема транспортируемого продукта, изменению его целевого состава, а на длительных рейсах или поставке больших объемов — значительным финансовым убыткам. Существует и экологический аспект: сброс газа в атмосферу увеличивает углеродный след, а метан, основной компонент СПГ, является одним из основных парниковых газов, выброс которого в атмосферу запрещен.

Исключить убытки, связанные с потерей отпарного газа, можно с помощью установок повторного сжижения отпарного газа (УПСГ), которые позволяют вернуть испарившиеся компоненты СПГ. Блок регазификации СПГ представляет собой комплект модулей, очень компактный и легко собираемый на борту.

Наиболее известные системы, использующиеся для реконденсации отпарного газа на суднах, в настоящее время основаны на обратном цикле Брайтона, который реализует охлаждение потока отпарного газа на таком рабочем теле, как жидкий азот. Самым

ненадежным элементом в таких установках является турбодетандер, что снижает надежность всей установки в целом.

В последние несколько лет возник интерес возможной замены таких установок. На данном этапе имеются лишь теоретические исследования небольшого количества статей, подкрепленные результатами, полученными с помощью расчетных программ, поэтому конкурировать с уже работающими установками не представляется возможным.

Интерес к циклам Линдэ-Хэмпсона для повторного сжижения BOG растет за счет простой конструкции, высокой надежности, отсутствия движущихся частей в холодной стадии и относительно низкой стоимости из-за использования серийно выпускаемых компонентов [1]. В настоящее время в качестве компонентов смеси чаще всего используются инертные газы и углеводороды, поскольку они являются экологически чистыми. Однако их основным недостатком является то, что некоторые компоненты смеси являются легковоспламеняющимися. Тем не менее, в случае системы повторного сжижения BOG воспламеняемость смеси не является проблемой.

В статье [2] изучалась возможность использования смесевых хладагентов с добавлением гидрофторолефинов (HFO), недавно разработанных хладагентов с низкой воспламеняемостью и низким потенциалом глобального потепления (ПГП), в системах повторного сжижения BOG. Рассматривались технологические схемы процесса сжижения природного газа с одним и двумя смесевыми хладагентами, используемые в качестве рабочего тела цикла предварительного охлаждения. Система с одним смесевым хладагентом имеет одну потенциальную проблему, связанную с кристаллизацией компонента R1233zd. Такие варианты систем на многокомпонентных смесях могут быть энергоэффективнее и экономически выгоднее, нежели вариант на основе цикла Линдэ-Хэмпсона, но в подтверждение этому предстоит численная оценка.

В ходе дальнейших работ планируется проанализировать и сравнить иные варианты систем, в частности, систему переохлаждения СПГ, в процессе которой идет распыление переохлажденного СПГ в грузовой танк для подавления испарения отпарного газа на свободной от груза поверхности СПГ.

Список литературы

1. Dorosz P., Piotrowska A., Pyrka P., Bogdan P. Analysis of the LNG re-condensation system based on Joule-Thomson cooler // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 502 (St. Petersburg, 21-22 November 2019). 2019. V. 940. DOI: 10.1088/1757-899X/502/1/012151.

2. Yu T., Kim D., Gundersen T., Lim Y. A feasibility study of HFO refrigerants for onboard BOG liquefaction processes // Energy. 2023. V. 282. № 128980. DOI: 10.1016/j.energy.2023.128980.

СЕКЦИЯ «ТЕПЛОФИЗИКА»

УДК 535.376, 548.73

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, СТОЙКИХ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ (РАДИАЦИЯ, ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ, ПОТОКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ)

Веснин В.Р., аспирант
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
vesninvr@bmstu.ru
Вершаловский Н. А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
vna19ea098@student.bmstu.ru
Гальцев К.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
vna19ea098@student.bmstu.ru
Глушков М.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
gms20ea129@student.bmstu.ru
Романов И.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
romanovir@student.bmstu.ru
Саврицкий А.Н., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
san20ea316@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скрябин А.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Оптические тонкие пленки важны практически во всех технологиях, связанных со светом: от научных приборов до средств связи, энергетики, медицины и потребительских товаров. Так, простые оптические покрытия встречаются в товарах массового производства, например, антибликовые (просветляющие) покрытия для офтальмологических очков. Однако существует целый ряд задач в астрофизике [1], солнечной энергетике [2], идентификации газов [3] и т.д., для решения которых необходимы более сложные и дорогие в изготовлении оптические приборы. Для гарантирования долговечности и высоких целевых характеристик оптического компонента, его поверхность должна быть покрыта специально разработанными слоями тонких пленок для достижения индивидуальных оптических свойств, а также для защиты поверхности.

Потребность в тонкопленочных покрытиях для решения задач создания специальных оптических элементов (просветляющих изделий и зеркал) с индивидуально подобранными свойствами требует использования контролируемых методов напыления, позволяющих получать высококачественные многослойные системы с низким содержанием дефектов структуры. Одними из наиболее востребованных на рынке и для специализированных приложений оптических покрытий являются диэлектрические интерференционные покрытия, использование которых позволяет достигать высокие спектральные коэффициенты отражения или пропускания (не менее 99,99 %) и высокой лучевой прочности (не менее 10 Дж/см^2) в требуемом спектральном диапазоне.

Для достижения высокого качества оптических покрытий необходимо обеспечить высокую адгезию между покрытием и подложкой при минимальном количестве дефектов. Для этого требуется получение тонких пленок с низкой пористостью. Одна из проблем заключается в том, что при лазерном излучении покрытие может сталкиваться с высокой термической нагрузкой, ввиду диссипативных потерь внутри покрытия. Это может привести

к теплоотводу в подложку и разрушению всего оптического элемента. Поэтому, важно обеспечить оптимальную комбинацию теплофизических и термомеханических характеристик покрытия и подложки. Для достижения высокого качества рекомендуется согласовывать КТЛР покрытий и подложки.

Данная работа посвящена комплексным экспериментальным исследованиям упомянутых методик нанесения и установлению связей со свойствами (оптическими, фазово-химическими и теплофизическими) покрытий. В контексте современной науки и техники результаты данного исследования могут найти применение в различных областях, таких как оптоэлектроника, космическая и лазерная техника, микроэлектроника и др.

В данном проекте исследованы образцы зеркальных и просветляющих оптических покрытий, полученных методами IBS, EB AID (electron beam evaporation ion assisted deposition) и магнетронного напыления. В качестве модельных образцов использованы пары Ta_2O_5/SiO_2, ZrO_2/SiO_2, HfO_2/SiO_2 на плавленом кварце, а также $ZnSe/YbF_3$ на подложке CaF_2.

Предложен набор методик для исследования их состава, структуры, оптических и теплофизических свойств, который включает рентгеновскую дифракцию и рефлектометрию, Фурье-ИК и рамановскую спектроскопию, а также методы теплофизических исследований (метод «световой вспышки» и синхронный термический анализ).

С помощью данных подходов показано, что исследованные образцы обладают высоким совершенством структуры, что выражается в их оптических свойствах (спектральный коэффициент отражения/пропускания порядка 99,99 %). Показано, что «узким горлом», лимитирующим работоспособность покрытий, являются низкотемпературные фазовые переходы (прежде всего, в слоях SiO_2 при температурах порядка от 585 до 596 °C), реализующиеся при температурах ниже их плавления (≈1713 °C для SiO_2). Причиной является разница в КТЛР между фазами, что приводит к растрескиванию покрытий и образованию микро- и нанотрещин, что потенциально может их разрушать.

Список литературы

1. Birney R. et al. Amorphous silicon with extremely low absorption: beating thermal noise in gravitational astronomy // Phys. Rev. Lett. American Physical Society. 2018. V. 121, № 19. DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.191101.
2. Shanks K., Senthilarasu S., Mallick T.K. Optics for concentrating photovoltaics: Trends, limits and opportunities for materials and design // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. V. 60. Pp. 394–407.
3. Fleming L. et al. Reducing N2O induced cross-talk in a NDIR CO2 gas sensor for breath analysis using multilayer thin film optical interference coatings // Surface and Coatings Technology. 2018. V. 336. Pp. 9–16.

УДК 544.344

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИПЕНИЯ ВОДЫ НА ГЛАДКИХ И МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА PSV

Воробьев М.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
umlaut2012@yandex.ru
Кирилова Е.П., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
lizakirilova98@gmail.com
Научный руководитель: Кукшинов Н.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Кипение различных теплоносителей является одним из ключевых процессов в энергетике, играя важную роль в таких областях, как энергогенерация, химическая технология, системы охлаждения. Изучение кипения воды имеет не только фундаментальное значение, но и практическую важность для оптимизации тепловых процессов и разработки энергоэффективных технологий.

В данной работе проведены экспериментальные исследования образования поверхности раздела фаз при кипении дистиллированной воды на гладкой цилиндрической поверхности диаметром 3 мм с применением метода PSV (particle shadow velocimetry – теневая анемометрия частиц) и экспериментальные исследования интенсификации теплообмена при кипении воды в большом объеме на поверхностях с микрорельефом, полученным методом деформирующего резания [1].

Экспериментальная установка для исследования образования поверхности раздела фаз представляет собой герметичный сосуд с прозрачными стенками. В качестве поверхности кипения используется трубка диаметром 3 мм. На внешней поверхности трубки установлены две термопары для определения температуры стенки при кипении. Подвод теплоты осуществляется электрическим нагревом с помощью лабораторного автотрансформатора. Процесс кипения снимается с помощью высокоскоростной видеокамеры со скоростью 8000 кадров в секунду.

Экспериментальная установка для исследования интенсификации представляет собой герметичный цилиндрический сосуд, дно которого сформировано фланцем с медным стержнем. Торец стержня является поверхностью кипения и имеет микроструктурированную поверхность. На противоположном конце стержня к его цилиндрической поверхности присоединены два кольцевых электронагревателя. В боковой поверхности стержня выполнены четыре отверстия, в которые вставлены термопары для определения плотности теплового потока, распространяющегося к поверхности кипения.

В результате экспериментов получены статистически верные отрывные диаметры и экспериментально определена скорость роста пузырей на гладкой поверхности в зависимости от температурного напора. Подробно методические подходы к обработке экспериментальных данных для исследования поверхности раздела фаз приведены в [2].

Для исследованных микроструктурированных поверхностей в диапазоне плотностей теплового потока 5-350 Вт/м^2 показана значительная интенсификация теплообмена. Для диапазона плотностей теплового потока 200-250 кВт/м^2 исследуемые поверхности обеспечивают значения коэффициентов теплоотдачи в 4 раза выше, чем в случае гладкой поверхности.

Список литературы

1. Зубков Н.Н. Битюцкая Ю.Л. Способ получения развитой штырьковой теплообменной поверхности: пат. 2679815 Рос. Федерация. № 2017146802; Заявл. 28.12.17; Опубл. 13.02.19. Владелец патента: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Бюл. № 5.

2. Кукшинов Н.В., Дмитриева А.А., Метелешко Л.И., Морской Д.Н. Экспериментальное исследование образования поверхности раздела фаз при кипении воды на цилиндрических поверхностях различного диаметра // Теплофизика и аэромеханика. 2025. Т. 32. № 1. С. 169–174.

УДК 532.133

ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИДРОФТОРЭФИРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Калашникова М.О. студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kalashnikovamariaa@mail.ru
Кондратович Д.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kda21ea024@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Молчанов Т.И., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Гидрофторэфиры (HFE) представляют собой перспективные хладагенты, которые могут применятся в погружном двухфазном охлаждении ЭВМ. Несмотря на диэлектрические свойства и отсутствие взаимодействия с металлами, существует ряд материалов, с которыми гидрофторэфиры взаимодействуют в течение эксплуатации, что может повлиять на их качества, как теплоносителей. Данная неопределённость создаёт помехи при выборе теплоносителя для погружного охлаждения с использованием в течение длительного срока. Для анализа изменения эффективности теплосъёма требуется применение численного моделирования методом конечных элементов. Однако его реализация возможна только при наличии точных данных о свойствах рабочих жидкостей после эксплуатации, поскольку они непосредственно влияют на теплофизические характеристики гидрофторэфира как теплоносителя.

Рост, отрыв и форма пузыря в пузырьковом режиме кипения оказывают сильное влияние на количество теплоты, снимаемое с поверхности нагрева, а сами эти параметры напрямую зависят от кинематической вязкости, коэффициента поверхностного натяжения и ряда других параметров.

Для определение кинематической вязкости использовался вискозиметр ВПЖ-2, имеющий диапазон измерений, подходящий набору жидкостей. С его помощью были получены значения кинематической вязкости чистых гидрофторэфиров HFE 7000 и HFE 7100, их смеси в точке азеотропности, а также теплоносителя после 1,5 лет эксплуатации в диапазоне температур от 25°C до температуры насыщение в 61°C. Данные были провалидированы с работой [1] и с помощью заявленных производителем значений кинематической вязкости чистых теплоносителей при 25°C [2], полученная погрешность составила менее 3%.

Коэффициент поверхностного натяжения и контактный угол в том же диапазоне температур были определены с помощью капиллярного метода с использованием анализа цветовой информации изображения.

Чтобы продемонстрировать применимость полученных данных, было произведено численное моделирование кипения теплоносителя на цилиндрической поверхности, в основание которого лёг метод конечных элементов. Чтобы рассчитать пузырьковый режим кипения зачастую применяется метод объёмов жидкости (VOF) [3], который задействует модель Ли для расчёта фазовых переходов. Однако стоит учитывать, что при моделировании пузырькового кипения возникают трудности с корректным учётом поверхностей

массообмена. Для этого была внедрена пользовательская функция, создающая массообмен только в клетках, содержащих интерфейс, а также вручную задан перегрев вокруг поверхности нагревателя. Верификация расчёта производилась по размеру пузырька в течении времени и погрешность составила менее 19%.

Результатом научно-исследовательской работы является полученная база данных теплофизических свойств ряда гидрофторэфиров до и после эксплуатации, что позволяет корректно производить численное моделирование кипения данных хладагентов для оценки их применимости в заданных условиях.

Список литературы

1. Liu C., Yu H. Evaluation and optimization of a two-phase liquid-immersion cooling system for data centers. // Energies. 2021. V. 14. DOI: 10.3390/en14051395.
2. Heat transfer applications using 3M Novec Engineered Fluids, 2022. США, Сент-Пол, 3М: база данных. Данные в формате PDF. URL: https://distribuidor-cintas-adhesivas.es/wp-content/uploads/2022/06/EN-Novec-Heat-Transfer-Product-Line-Card.pdf (Дата обращения 20.05.2025).
3. Li J., Yang Z., Duan Y. Numerical simulation of single bubble growth and heat transfer considering multi-parameter influence during nucleate pool boiling of water // AIP Adv. 2021. V. 11, № 12. DOI: 10.1063/5.0065877.

УДК 532.529

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КВАНТОВО-РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА НА КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ И ПЛЕНКИ ИЗ КРЕМНИЯ

Косякова А.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
lessandrakas@gmail.com
Чикин М.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
mr.matvey.chikin@mail.ru
Научный руководитель: Баринов А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Современная полупроводниковая электроника построена на элементах наномасштаба: пленках, нитях, квантовых точках. В частности, возникает актуальная задача построения достоверных расчетных моделей для прогнозирования теплофизических свойств (теплоемкости, теплопроводности).

В данной работе исследовались гармонические свойства тонких плёнок и квантовых точек из кремния. Так в работе [1] представлены результаты теоретического расчета теплоемкости квантовых точек, противоречащие данным измерений [2] – согласно, расчетная теплоемкость оказалась меньше теплоемкости макроскопического твердого тела, а данные показывают противоположный результат. Предварительный анализ показал, что причина кроется в необходимости учета квантово-размерных эффектов –дисперсии в соответствии с морфологией структуры и квантования состояний фононов в направлениях, где линейный размер конечен.

Во-первых, проведен учет дисперсии фононов. Для тонкой плёнки использовалось обобщение теории упругости для волн в тонких пленках – метод Рэлея-Лэмба, на основании которого получена функция плотности состояний (в зарубежной литературе DOS – density of state), определяющее число состояний, приходящееся на единичный интервал частот. В частности, проведена процедура нормировки DOS на количество атомов в структуре. Для квантовых точек применялась дисперсия, полученная путем полиномиальной аппроксимации

экспериментальных данных [3]. Результаты сравнивались между собой, а также с приближением Дебая: наблюдается качественное отличие при частотах выше 0,1 от частоты Дебая.

Во-вторых, в соответствии с квантовой теорией твердого тела и полученными DOS определена теплоёмкость для пленок и квантовых точек. Выделим основные результаты.

1) Для пленок толщиной от 2,5 нм до 50 нм проведено сравнение значений теплоёмкости с массивным твёрдым телом (по Дебаю). Установлено, что качественно зависимость теплоемкости от температуры для массивного образца и пленок кремния толщиной ~10 нм и более не зависит от выбора модели дисперсии. Также показано, что учет квантово-размерного эффекта (дисперсии) в расчетах теплоемкости пленок кремния при температурах порядка температуры Дебая не целесообразен.

2) Для квантовых точек размером 20×20×20 атомов проведен расчет с использованием линейного (модель Дебая) и нелинейного (аппроксимационный полином четвертой степени) дисперсионных соотношений. Применение линейной дисперсии приводит к значительным отклонениям от экспериментальных данных теплоемкости в области низких температур, особенно ниже 50 К. Использование нелинейной дисперсии позволило получить более точные результаты по теплоемкости, соответствующие теоретическим предсказаниям и экспериментальным данным. Анализ показал, что зависимость теплоемкости от температуры для квантовых точек аппроксимируется кривой T^n, где $n < 3$, что связано с квантово-размерным эффектом. Показатель степени n варьируется от 0.1852 для диапазона 30–100 К до 2.2353 для диапазона 2–50 К. Результаты расчета подтверждают тезис о необходимости использования нелинейных дисперсионных соотношений для корректного расчета теплоемкости квантовых точек.

Список литературы

1. McNamara A.J., Lee B.J., Zhang Z.M. Quantum size effect on the lattice specific heat of nanostructures // Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering. 2010. V. 14. № 1. Pp. 1-20. DOI: 10.1080/15567260903468612.
2. Novotny V., Meincke P.P.M. Thermodynamic lattice and electronic properties of small particles // Physical Review B. 1973. V. 8. № 9. Pp. 4186-4199.
3. Баринов А.А. и др. Обновленная модель расчета теплопроводности тонких пленок кремния и германия // Ядерная физика и инжиниринг. 2018. Т. 9. № 5. С. 433-444.

УДК 535.376, 548.73

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ ИОНОВ ОТ ТВЕРДЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Романов И.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
romanovir@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Скрябин А.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Потребность в тонкопленочных покрытиях с индивидуально подобранными свойствами требует использования контролируемых методов напыления. Ионно-лучевое распыление, или IBS (англ. Ion beam sputtering), — это вакуумный метод напыления (PVD), способный решить технологические задачи создания качественных покрытий. В отличие от других методов PVD метод IBS предлагает уникальную возможность адаптировать свойства пленкообразующих частиц (распыленная мишень и рассеянные первичные частицы) и, следовательно, свойства тонких пленок [1]. Подбор материала мишени и других параметров процесса (толщины и числа слоёв) позволяет получать покрытия с необходимыми спектральными параметрами. Нанесение высококачественных покрытий может быть

осложнено влиянием упруго и неупруго отраженных ионов рабочих газов (Ar, Xe, Kr), а также ионов и атомов материалов мишени.

В данной работе методами зондовой диагностики экспериментально исследованы фокусировочные характеристики ионного источника (ИИ), с известными ВАХ, а также энергетические характеристики (ФРИЭ) потоков частиц, отражённых от металлических мишеней. Конечной целью является получение новой информации о параметрах и энергетическом распределении отраженных ионов, а также частиц распылённых мишеней.

Фокусировочные характеристики первичного пучка ионов (Ar^+, Kr^+) были исследованы в диапазоне рабочего напряжения ИИ от 1500 до 2500 В с шагом 500 В и током 200 мА. Изучение влияния отношения $M_{мишень}/M_{газа}$ проводилось на примере углерода, титана и тантала с рабочим газом Ar при разрядных напряжениях от 1500 до 2500 В с шагом 250 В и током 200 мА. Зондовая диагностика углового распределения ФРИЭ и плотности потока ионов была проведена на примере тантала и кремния с различными рабочими газами (Ar, Kr) и следующих геометрических параметрах: зенитный угол θ от 0 до 135° (отсчет от вертикального положения зонда); азимутальным углом φ от 0 до 45. Проведен анализ пленки, полученной с использованием различного запирающего напряжения, двумя независимыми методами: контактная профилометрия на стилусном профилометре KLA D-600; оптическая интерферометрия поверхности на приборе 4D NanoCam Sq.

Список литературы

1. Bundesmann C., Neumann H. Tutorial: The systematics of ion beam sputtering for deposition of thin films with tailored properties // J. App. Phys. 2018. V. 124. DOI: 10.1063/1.5054046.

УДК 628.87, 536.242

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ С ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТЫМ ОТОПЛЕНИЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА

Скрипка А.О., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
skripkaao@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Гришин Ю.М., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В работе представлено исследование установившегося теплового комфорта систем отопления типа «тёплый плинтус» в жилых помещениях. Актуальность исследования обусловлена растущим интересом к альтернативным методам обогрева, обеспечивающим равномерное распределение температуры и снижение энергопотребления. Цель работы — оценка теплового комфорта систем типа «тёплый плинтус» с использованием методов численного моделирования теплообменных процессов.

В рамках данной работы на основе нормативных документов [1], определяющих комфортные условия пребывания человека, рассмотрена упрощенная модель плоской комнаты, обогреваемая плинтусными системами закрытого типа. Данная работа соответствует коридорам и вытянутым помещениям – тоннелям. Такая постановка позволяет доступно сравнивать различные системы отоплений, без необходимости подробного описания устройства и содержимого комнаты. В рамках данной работы использованы различные критерии теплового комфорта [2]. А также комфортная температура – параметр, который определяется температурой поверхности обогреваемых стен помещения и учитывает асимметрию по радиационной температуре, температуру воздуха и его скорость в исследуемой точке помещения [3].

Для решения данной задачи, в программном комплексе Ansys CFX построена и валидирована численная 2D модель. Анализ численного моделирования показал удовлетворительные условия теплового комфорта. Для температур теплоносителя в трубах плинтусных систем ниже 75℃, PED не превышал 8%, при допустимом значении 15% [1]. Вертикальный градиент температур (между уровнем ляжек Y=0,1 м и головы Y=1,7 м) не превышал 1 градуса для всех исследуемых температур труб.

На основе данных моделирования проведена оценка теплового комфорта при применении панельно-лучистых систем отопления. Получены поля параметров теплового комфорта. Результаты могут быть использованы в качестве методики определения теплового комфорта подобных систем. Даны практические рекомендации по выбору режимных параметров закрытых систем отопления типа «тёплый плинтус».

Список литературы

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 7730–2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчетов показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. М.: Стандартинформ, 2011. 43с.
2. Ploskić A., Holmberg S. Heat emission from thermal skirting boards. // Journal of Building and Environment. 2010. V. 45. Pp. 1123–1133.
3. Myhren J.A., Holmberg S. Comfort temperatures and operative temperatures in an office with different heating methods. // In Proceedings of the Healthy Buildings Conference (Lisbon, Portugal, 04–08 June, 2006). Herndon: International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ). 2006. V. 2: Indoor Climate. Pp. 47-52.

СЕКЦИЯ «ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И УСТАНОВКИ»

УДК 621

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБНОЙ ДОСКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА ВВЭР-1200

Головлева А.М., студент
alena.golovleva2003@gmail.com
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Научный руководитель: Сатин А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В работе рассматривается оценка прочностных характеристик трубной доски вертикального парогенератора ВВЭР-1200 с использованием программного комплекса AnsysWorkbench 2024 и отработанных методик [1]. Так как сложность детали высокая (по аналитическим расчетам конструкция трубной доски имеет 30 000 отверстий), то для обеспечения возможности вычислительных мощностей используется метод эквивалентной модели. Метод заключается в следующем: рассматриваются две модели секторов – частей трубной доски одинаковых размеров, одна перфорирована, другая- нет. После закрепления и нагружения двух секторов трубной доски необходимо уравнять максимальные деформации при прогибе в секторе трубной доски без отверстий (эквивалентной модели) за счёт варьирования модуля Юнга или плотности. В последствии эквивалентные модели можно использовать при расчете полномасштабной модели парогенератора.

Список литературы

1. Азарова Е.Н., Ковалева В.А., Сатин А.А. Влияние конструкционных факторов на жесткость тепловыделяющих сборок водо-водяных энергетических реакторов. // Матер. Всеросс. форума науч. молодежи «Богатство России» (Москва, 04-06 дек. 2017 г.). М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2018. С. 295-296.

УДК621.039.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ 600-800°С

Горяев Р.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
rostik.goryaev@mail.ru
Машкин С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
stepan17092002@mail.ru
Научный руководитель Дудкин К.О., ассистент
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Принцип работы типичной тепловой трубы (ТТ) основан на фазовых превращениях рабочей жидкости, циркулирующей под действием капиллярных сил. В качестве конструктивных элементов такого устройства выступают герметичный корпус, капиллярно-пористая структура (фитиль) и теплоноситель. Теплофизические свойства рабочего тела ТТ оказывают существенное влияние как на выбор применяемых конструкционных материалов, так и на значение передаваемой мощности. В частности, высокотемпературные ТТ, работающие при температурах выше 750 К с использованием жидких металлов, обеспечивают более высокие тепловые потоки, чем низкотемпературные, использующие воду и

органические соединения для работы при температурах до 550 К [1]. Высокая эффективная теплопроводность в сочетании с технологичностью позволяет тепловым трубам выступать в качестве перспективного теплопередающего устройства для ядерных установок различного назначения.

Данная работа базируется на моделировании процесса одномерной гидродинамики пара жидкометаллического теплоносителя в горизонтальной высокотемпературной тепловой трубе [2]. Была составлена математическая модель, позволяющая получить распределение температур на различных участках ТТс использованием электротепловой аналогии. Рассмотрено влияние теплофизических свойств теплоносителей на ограничения по передаваемой мощности.

В работе получены распределения температуры пара жидких металлов по длине горизонтальной тепловой трубы следующей геометрической конфигурации[3]: цилиндрическая трубка с внутренним диаметром 22,1 мм, толщиной 1,65 мм и длиной 1200 мм; сеточный фитиль толщиной 1,65 мм и эффективным радиусом поры 47 мкм в диапазоне рабочих температур от 600 °С до 800 °С.

Список литературы

1. Ивановский М.Н., Сорокин В.П., Ягодкин И.В. Физические основы тепловых труб. М.: Атомиздат, 1978. 256 с.
2. Zohuri B. Heat Pipe design and technology. modern applications for practical thermal management. / 2nd ed. Albuquerque, NM (United States): Springer, 2016. 537 p.
3. Reid R.S., Sena J.T., Martinez A.L., Sodium Heat Pipe Module Test for the SAFE-30 reactor prototype. // AIP Conference Proceedings. American Institute of Physics. 2001. V. 552. № 1. Pp. 869-874. DOI: 10.1063/1.1358021.

УДК 621.039.5

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ КАНАЛЬНОГО РЕАКТОРА РБМК-1000

Ильин А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
artemilin01@mail.ru
Научный руководитель: Сатин А.А., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Для определения аксиальной неравномерности плотности потока нейтронов в облучательном канале реактора РБМК-1000 перед проведением радиационного легирования кремния разработано оборудование и проведены расчеты с использованием апробированных методик [1, 2, 3], которые обосновывают принятые конструктивные решения и подтверждают работоспособность и безопасность изделия. В основе разработки лежит изменение конструкции гильзы для детектора энерговыделения, которая помещается в рабочий канал и позволяя легировать кремний, не оказывает влияния на безопасность работы реактора. Это позволит сохранить объемы производства радиационно-легированного кремния для нужд транспортной промышленности в связи с окончательным остановом блоков № 1 и № 2 Ленинградской АЭС.

Список литературы

1. Алексеев Н.И. Программа MCU для расчета методом Монте-Карло нейтронно-физических характеристик ядерных реакторов. Геометрический модуль SCG-8 Москва: РНЦ КИ, 1995. 60 с. (Препринт/Рос. науч. Центр «Курчатовский ин-т»; ИАЭ-5945/5).

2. Солонин В.И., Сатин А.А. и др. Гидродинамические характеристики трактов теплоносителя высокотемпературного газоохлаждаемого ядерного реактора // Атомная энергия. 2018. Т. 124. № 5. С. 255-260.
3. Азарова Е.Н., Ковалева В.А., Сатин А.А. Влияние конструкционных факторов на жесткость тепловыделяющих сборок водо-водяных энергетических реакторов. // Матер. Всеросс. форума науч. молодежи «Богатство России» (Москва, 04-06 дек. 2017 г.). М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2018. С. 295-296.

УДК 621

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВОДО-ВОДЯНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА И ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИВОДА

Корягин В.Ю., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kvyu19ea027@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Сатин А.А., к.т.н., доцент
МГТУ им. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В настоящей работе проведено исследование магнитных свойств конструкционных материалов привода СУЗ ШЭМ (шаговые электромагнитные системы управления и защиты) реактора ВВЭР (водо-водяного энергетического реактора) [1], разработана расчетная методика моделирования электромагнитов привода, сформулированы предложения по усовершенствованию их конструкции и описаны физические явления, имеющие место в паре электромагнит-полюс с помощью современных расчетных комплексов

Были проведены лабораторные исследования по определению кривой намагничивания конструкционных материалов привода, используя которые позволили создать расчетную модель в программном комплексе Ansys по ранее апробированным методикам [2, 3].

На основе полученных данных были построены распределения электромагнитной индукции и напряженности магнитного поля в паре электромагнит-полюс, а также рассчитано тяговое усилие электромагнита. Полученные результаты были сравнены с экспериментальными значениями и подтвердили верность предложенных конструкционных изменений.

Список литературы

1. Никитюк В.П., Казахмедов А.Г. и др. Приводы СУЗ реакторов ВВЭР для атомных электростанций. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 325 с.
2. Азарова Е.Н., Ковалева В.А., Сатин А.А. Влияние конструкционных факторов на жесткость тепловыделяющих сборок водо-водяных энергетических реакторов. // Матер. Всеросс. форума науч. молодежи «Богатство России» (Москва, 04-06 дек. 2017 г.). М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2018. С. 295-296.
3. Ковалева В.А., Сатин А.А. Влияние геометрии и материала ячейки дистанционирующей решетки ТВС ВВЭР-1000 на контактные силы, действующие на оболочку твэл. // Матер. IV науч.-практ. конф. «Экологическая и радиационная безопасность объектов атомной энергетики» (Калининград, 18–19 октября 2017 года) / Под ред. М.И. Орловой, Е.Е. Ежовой. 2017. М.: ООО «Издательский дом «РОСТ-ДОАФК». 2017. С. 39-43.

УДК 621.039.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Кускеев И.Ш., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kuskeeviskander@gmail.com
Лебедева Е.А., студент
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
kate-lebedeva-2003@mail.ru
Научный руководитель: Семишин В.В., ст. преподаватель
МГТУ им Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В данной работе была выполнена разработка модели активной зоны реакторной установки типа ВВЭР средней мощности (600 МВт) в двух исполнениях, со спектральным регулированием и жидкостным борным регулированием в течение топливной кампании. Топливная кампания составила 650 суток. Активная зона формировалась из тепловыделяющих сборок(ТВС) нескольких типов с тепловыделяющими элементами содержащие гадолиний. ТВС имели следующие размеры: шаг 236 мм, размер под ключ 234 мм, число тепловыделяющих элементов (твэл) 241, шаг твэл 11,64 мм.

В активной зоне со спектральным регулированием для изменения реактивности активной зоны осуществляется изменение водно-уранового соотношения с использованием подвижных вытеснителей. Вытеснители выполнены в виде 6 тепловыделяющих элементов Ø8,6 мм из обедненного урана, находящиеся в оболочке из сплава Э110. Первую половину кампании они были погружены в активную зону и уран-водное соотношение составляло 1,534, после извлечения вытеснителей2,978.

Двухгрупповые библиотеки нейтронно-физических сечений для исследуемых топливных загрузок, используемые в данной работе, были подготовлены по программной среде Сапфир-95.1 [1]. Связанный трехмерный нейтронно-физический и теплогидравлический расчет активной зоны выполнялся в нейтронно-физическом модуле Десна [2].

Полученные результаты расчета топливных кампаний для различных активных зон (со спектральным и борным регулированием) позволяют сделать вывод, что использование принципов управления реактивностью за счет спектрального регулирования позволяет уменьшить критическую концентрацию борной кислоты на начало кампании за счёт снижения сечения деления нечетных делящихся изотопов в начале кампании и увеличение захвата ядром U^{238}и, в перспективе, отказаться от борной компенсации реактивности при условии увеличения числа ТВС с вытеснителями, участвующих в компенсации реактивности.

Список литературы

1. Тебин В.В., Обухов В.В., Сергеев В.К., Иванов А.С. и др. Проект пакета программ САПФИР для решения задач расчета ячейки реактора. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. 1985. В. 4. С. 68-71.
2. Кавун О.Ю., Таранов Г.С. Программный комплекс «РАДУГА/RAINBOW» с трехмерной двух групповой моделью активной зоны, моделирующий динамические процессы в РУ ВВЭР, и результаты верификации нейтронно-физического модуля. // Алгоритмы и программы для нейтронно-физических расчетов ядерных реакторов НЕЙТРОНИКА-95: Сб. трудов семинара МАЭ РФ (Обнинск, 24-26 окт. 1995 г.). Обнинск. 1997. С. 41—47.

УДК 621.039.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПОТОКА ОДНОФАЗНОЙ ЖИДКОСТИ В КОАКСИАЛЬНОМ ВИНТОВОМ КАНАЛЕ

Мухин К.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Muxin.k2015@yandex.ru
Научный руководитель: Марков П.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В работе рассматривается течение и теплообмен в теплообменнике оригинальной конструкции. Поверхность теплообменника сформирована из трубок, в объеме которых выполнены кольцевые винтовые проточки. Теплоноситель первого контура движется как в межтрубном пространстве, так и внутри трубок, а теплоноситель второго контура движется противотоком по винтовым каналам проточек. Внутренний диаметр кольцевой проточки составляет 20 мм, наружный диаметр – 30 мм, по площади проточка занимает четверть от всего кольцевого зазора. Гидравлический диаметр кольцевой проточки составляет 6,1 мм.

Поскольку в явном виде в справочной литературе данные о коэффициентах теплоотдачи и коэффициентах трения в подобных каналах отсутствуют, расчет выполнен методами вычислительной гидродинамики. Математическая модель базировалась на осредненных уравнениях движения сплошной среды (RANS), замыкаемых двухпараметрическими моделями турбулентной вязкости. Проведен анализ влияния пространственной дискретизации и выбора модели турбулентности на результаты расчета.

Приведены результаты численного расчета коэффициента теплоотдачи и коэффициента гидравлического трения, показано влияние закрутки потока в винтовых каналах на гидродинамику и теплообмен. Проведено сравнение со справочными данными для каналов схожей геометрии [1-2]. Получены критериальные зависимости коэффициента трения и числа Нуссельта от числа Рейнольдса.

Список литературы

1. Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчётам в ядерной энергетике. Том 1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ / Под общей редакцией доктора технических наук, профессора П. Л. Кириллова. М.: ИздАт, 2010. 776 с.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Под ред. В.А. Алексеева. М.: Издательство «Наука», 1972. 720 с.

УДК 621.039.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТРЕХМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ТВЭЛЕ ЯВНОЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЙ СХЕМОЙ

Пожидаев А.Р. студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
artyom.pozhidaev0@mail.ru
Научный руководитель Дудкин К.О., ассистент
МГТУ им. Н. Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Процесс передачи теплоты за счет явления теплопроводности характерен для множества объектов, используемых в энергетическом машиностроении. Одной из задач, представляющих наибольший интерес, является определение температурных полей в элементах, имеющих несколько слоев с различными геометрическими и теплофизическими

параметрами. К числу таких объектов относятся твэлы ядерных реакторов различного исполнения.

Для численного определения температурных полей был разработан программный код, решающий трехмерное нестационарное уравнение теплопроводности в цилиндрических координатах. В качестве исследуемого объекта был взят твэл реактора ВВЭР-1000.Для решения нестационарных дифференциальных уравнений использована явная конечно-разностная схема [1].

Проведен расчет распределения температур в твэле с внутренним энерговыделением в топливной композиции, неоднородным в азимутальном и осевом направлении, среднее значение которого равно 10^8Вт/м^3. Неоднородность была обеспечена коэффициентами неравномерности по соответствующим направлениям. На границе расчетной модели задана постоянная температура, равная 300 К. Расчет температур на границах раздела материальных зон проводился исходя из граничного условия четвертого рода.

В ходе выполнения расчетной работы было отмечено, что для характерной геометрии тепловыделяющего элемента определяющую роль при выборе шага по времени играет газовый зазор ввиду его геометрической малости. Кроме того, так как внутреннее энерговыделение в зазоре отсутствуют распределение температур имеет линейный характер. На основании этих факторов, для уменьшения расчётных ресурсов, можно рекомендовать моделировать процесс теплопередачи в твэле, не решая уравнение теплопроводности в газовом зазоре в явном виде, а учитывать его влияние введением условного «термического сопротивления» по тепловой аналогии.

Список литературы

1. Ferziger J.H., Peric M., Street R.L. Computational Methods for Fluid Dynamics. / Fourth Edition. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2020. 606 с.

СЕКЦИЯ «ПЛАЗМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»

УДК 621.384.6

ПОРОГИ ЗАЖИГАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ В КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ КАМЕРЕ

Андронов А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
andronov@bmstu.ru
Научный руководитель: Телех. В.Д., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Многоканальные высокочастотные (ВЧ) источники плазмы со сложной геометрией газоразрядной камеры (ГРК) во внешнем магнитном поле (МП), в отличии от получивших широкое применение традиционных ВЧ-источников в виде одноканальных осесимметричных устройств, недостаточно изучены, однако обладают значительными перспективами практического применения, например, в космической отрасли. Известно, что существуют теоретические концепты [1] и двухканальный ВЧ-источник плазмы, применяемый в качестве ускорительной части двигательной установки малого космического аппарата [2]. Данные устройства представляют собой цилиндрическую ГРК с двумя открытыми концами и способны создавать вектор тяги в двух противоположных направлениях, обеспечивая более высокую маневренность аппарата. ГРК с несколькими каналами теоретически могут быть использованы с целью увеличения числа возможных направлений вектора тяги, однако для этого требуется проведение исследований в области применения ГРК сложной формы.

В рамках работы проведено экспериментальное определение порогов зажигания ВЧ-разряда во внешнем МП в кольцевой газоразрядной камере, принципиальная конструкция которой предложена Шумейко А. И. и др. [3]. ГРК выполнена из термостойкого фотополимера методом 3*D*-печати и представляет собой полый тор с отдельным каналом подачи газа и тремя открытыми каналами, расположенными по трем взаимно перпендикулярным осям. На внешней поверхности ГРК размещены катушки тороидального МП и установлен индуктор. На двух открытых каналах ГРК установлены электромагниты, не препятствующие выходу газа из внутренней полости ГРК, в то время как третий канал закрыт при помощи заглушки.

В ходе экспериментов ВЧ-источник плазмы был помещен внутрь вакуумной камеры при динамическом давлении ~10 мПа. Питание электромагнитов осуществлялось с внешних источников, управление питанием индуктора при помощи *Cesar RF Power Generator* и согласователя. Система подачи рабочего тела состояла из электромагнитного регулятора расхода газа, блока управления и баллонов с инертными газами – аргоном и криптоном. Диапазоны значений расхода рабочих тел составили от 2,00 до 160 и от 3,00 до 240 *sccm* для криптона и аргона, соответственно. Факт зажигания разряда подтверждался визуально через смотровые окна в боковой поверхности вакуумной камеры. Потребляемая индуктором мощность в момент зажигания разряда считалась минимально необходимой для ионизации рабочего тела, т.е. пороговой мощностью.

В работе было проведено две серии экспериментов. Первая серия посвящена определению влияния наличия тороидального МП на порог зажигания ВЧ-разряда. Было выяснено, что наличие тороидального МП при силе тока в катушках тороидального МП I_{tor} = 5 А приводит к снижению порогов зажигания ВЧ-разряда до 33,3 и 28,6 % относительно экспериментов без МП в опытах с криптоном и аргоном, соответственно. Наибольшее снижение порогов зажигания (до 47,4 %) в атмосфере аргона наблюдается при силе тока I_{tor} = 3 А. Однако, с учетом потерь в электромагнитах, наиболее экономичный режим зажигания и удержания разряда в среде аргона достигается при I_{tor} = 1 А – снижение порога зажигания до 33,2 % относительно экспериментов без МП. В таком случае, потребляемая ВЧ-источником плазмы мощность на всем диапазоне значений расхода рабочего тела в

экспериментах с аргоном составила от 3,70 до 15,7 Вт. Снижение порога зажигания разряда при наличии тороидального МП связано с уменьшением скорости диссипации заряженных частиц на стенках ГРК.

Вторая серия экспериментов посвящена определению влияния явления циркуляции электронов во внешнем МП на порог зажигания разряда. Для этого изменялась полярность включения электромагнитов, расположенных на открытых каналах ГРК, таким образом, чтобы в одном из трех опытов силовые линии их МП замкнулись друг на друге. Экспериментально подтверждено, что при подобной конфигурации внешних МП полей наблюдается значительное снижение порогов зажигания ВЧ-разряда на всем диапазоне значений расхода рабочих тел. Это объясняется тем, что часть электронов оказывается замагничена и, покидая пределы ГРК через один канал, движется вдоль силовых линий МП и возвращается через другой открытый канал обратно в ГРК. Это приводит к увеличению числа заряженных частиц в пределах газового объема, что облегчает процесс зажигания разряда. Стоит отметить, что подобный метод снижения порога зажигания разряда в практических целях можно осуществить лишь в многоканальных ГРК, т.е. имеющих дополнительные отверстия во внешней поверхности.

Проведенное исследование показывает, что в многоканальных источниках плазмы можно использовать метод снижения порога зажигания, основанный на особенностях их геометрии. Помимо этого, было выяснено, что наличие тороидального МП приводит к существенному снижению порогов зажигания ВЧ-разряда в зависимости от силы тока в цепи катушек тороидального МП. В экспериментах с аргоном необходимая для зажигания и удержание разряда мощность при I_{tor} = 1 А составила от 3,70 до 15,7 Вт, что теоретически позволяет использовать подобные устройства на борту космических аппаратов с низкой энерговооруженностью в качестве ускорительной части двигательной установки.

Список литературы

1. Shumeiko A.I., Telekh V.D., Ryzhkov S.V. Starting modes of bi-directional plasma thruster utilizing krypton // Symmetry. 2023. V. 15. № 9. DOI: 10.3390/sym15091705.
2. Takahashi K., Charles C., Boswell R.W. et al. Demonstrating a new technology for space debris removal using a bi-directional plasma thruster // Sci. Rep. 2018. V. 8. № 1. DOI: 10.1038/s41598-018-32697-4.
3. Shumeiko A.I., Jarrar F.S., Swei S.S.M. Electrodeless plasma thruster with closed-ring-shaped gas discharge chamber: пат. US12012234B2 США: Ass. 21.11.2021. Pub. 18.06.2024. Current Assignee Khalifa University of Science, Technology and Research (KUSTAR).

УДК 621.455.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ С ЗАМКНУТЫМ ДРЕЙФОМ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ РАБОТЕ НА АЗОТНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ

Барбус А.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
bad21ea082@student.bmstu.ru
Мех А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
mekhas@student.bmstu.ru
Научный руководитель: Рязанов В.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Ракетные двигатели малой тяги применяются для различных задач космонавтики, например: ориентация космических аппаратов на орбите и маршевые операции. В основном

высоты орбит лежат в диапазоне от 300 до 500 км, однако, в настоящее время некоторые спутники запускают на высоты от 150 до 200 км. Сверхнизкие околоземные орбиты обладают рядом преимуществ, такие как: отсутствие космического мусора, малое время задержки при передаче данных и возможность получения более качественных снимков для миссий дистанционного зондирования Земли. Компоненты атмосферы на сверхнизких околоземных орбитах в настоящее время рассматриваются в качестве рабочего тела для электрических ракетных двигателей [1, 2].

Целью настоящего исследования являлось получение интегральных характеристик двигателя с замкнутым дрейфом электронов со средним диаметром 38 мм, работающего на смеси азота и кислорода.

Испытания двигателя проводились на стенде, описанном в работе [3], с вакуумной камерой объёмом 4,7 $м^3$. Откачка испытательного стенда проводилась до остаточного давления порядка 10^{-4} Па. Во время работы двигателя в вакуумной камере поддерживалось рабочее давление $4 \cdot 10^{-2}$ Па. Определение рабочих характеристик проводилось при различных токах в центральной катушке и при разных соотношениях компонентов рабочей смеси.

Во время длительной работы двигателя наблюдалась нестабильность разряда и перегрев центрального магнитного полюса. Предположительно анод покрывался окиснитридной пленкой, что приводило к изменению его проводимости и влияло на стабильность разряда. Сильный нагрев центрального полюса можно объяснить неравномерностью магнитного поля в разрядном канале и, как следствие, – попаданием на центральный полюс электронов. Однако все измерения проводились до проявления нестабильности разряда и до перегрева центрального полюса.

При протекании токов в центральной катушке до 1 А разрядный ток лежал в диапазоне от 3 до 7 А. Ток разряда и ток на полюса не вели себя одинаково. Было замечено, что с ростом доли кислорода доля тока, уходящая на полюса, увеличивалась – это связано с неоптимальной конфигурацией магнитного поля. Так же с ростом доли кислорода уменьшался массовый коэффициент полезного действия, что так же связано с конфигурацией поля. Был сделан вывод, что топология магнитного поля должна определяться соотношением компонентов в смеси.

В ходе измерения тяги двигателя с помощью «СИМС-200» было определено, что её значения лежат в диапазоне от 5 до 9,4 мН при изменении тока разряда от 3 до 7 А и напряжения разряда от 150 до 210 В, расход рабочего вещества при этом не изменялся и составлял 1,6 мг/с. При одинаковом расходе рост тяги сопровождался увеличением разрядного тока. С ростом доли кислорода в смеси увеличивался удельный импульс, тяга оставалась неизменной в пределах инженерной погрешности. Исследование влияния концентрации компонентов также показало, что тяговый коэффициент полезного действия был больше при увеличении доли кислорода в смеси. Также было найдено оптимальное соотношение компонентов смеси, при котором двигатель работал наиболее стабильно. При подаче расхода с оптимальным соотношением было подобрано магнитное поле 6,6 мТл при работе только на центральной катушке. При таком поле тяга, удельный импульс, тяговый коэффициент полезного действия были максимальны, цена тяги, массовый коэффициент полезного действия и разрядный ток – достигали минимального значения.

Список литературы

1. Духопельников Д.В., Ивахненко С.Г., Курилович Д.А. Холловские двигатели на забортном воздухе для космических аппаратов на низкой опорной орбите // Машиностроение и компьютерные технологии. 2013. № 12. С. 227-238.

2. Pessina V., Smirnova M., Schein J. Numerical framework for the development of atmosphere-breathing electric propulsion for Earth and Mars atmosphere // Journal of Electric Propulsion. 2024. V. 3. № 28. Pp. 1-19.

3. Манегин Д.С., Плотникова О.П., Рязанов В.А. Электровакуумный стенд для испытаний электроракетных двигателей малой мощности // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства: сборник тезисов: в 4 т. (Москва, 30 марта – 02 апреля 2021 года). Том 1. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2021. С. 309-312.

УДК 535-31

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Быстров С.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Карначев К.Л., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Научный руководитель: Камруков А.С., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Коротковолновое ультрафиолетовое (УФ) излучение – эффективный способ для борьбы с патогенными микроорганизмами [1]. В последнее время активно исследуется применение новых источников УФ излучения, такие как импульсные ксеноновые лампы (ИКЛ) и УФ светодиоды. Однако воздействие УФ излучения на микроорганизмы в достаточной мере изучено только для самого распространенного источника УФ излучения – ртутных ламп низкого давления (РЛНД).

Большинство значений доз D_{90} (т.е. доз излучения, приводящих к 90-процентной инактивации определенного вида микроорганизмов, мДж/см^2) получены при использовании РЛНД, максимум излучения которых находится на длине волны 253,7 нм. Но при использовании другого источника излучения с иными спектральными характеристиками, например, сплошным спектром излучения, данные дозы могут отличаться. Поэтому изучение эффективности источников УФ излучения с отличными от РЛНД спектральными характеристиками является актуальной задачей.

Целью настоящей работы являлась разработка экспериментального стенда для сравнения эффективности воздействия на микроорганизмы излучения от РЛНД и импульсной ксеноновой лампы (ИКЛ).

Экспериментальный стенд для сравнения эффективности РЛНД и ИКЛ включает в себя корпус, вентиляторы, отражатель и непосредственно РЛНД и ИКЛ. Вентиляторы с фильтрующей тканью необходимы для охлаждения системы и устранения из камеры озона, образующего под действием УФ излучения. В качестве ИКЛ выбрана лампа ИНП-7/120 с межэлектродным расстоянием 120 мм. Ось каждой лампы удалена от нижней стенки камеры на 212 мм.

Для определения возможного расположения предметного столика внутри разрабатываемого устройства проводилось моделирование поля облученности в камере с помощью среды *TracePro*. Модель учитывала переотражение излучение внутри камеры устройства, облученность анализировалась на образце с размерами 120×120×10 мм (Д×Ш×В), который задавался на предметном столике. Оптимальность геометрии определялась по двум критериям: максимальной достигаемой на образце облученности E_{max}, Вт/м^2 и ее равномерности ξ, % (равномерность определялась для зоны облучения с диаметром d = 90 мм) при мощности излучения источника P_0 = 1 Вт [2]:

$$\xi = \left(1 - \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}\right) \cdot 100\ \%. \quad (1)$$

Согласно моделированию, при удалении столика от лампы облученность уменьшается, а равномерность для ИКЛ – увеличивается, для РЛНД – практически не меняется (это связанно с тем, что излучающая поверхность РЛНД располагается по всей протяженности устройства, а у ИКЛ – только в центральной области). В итоге для расположения столика было выбрано два места:

1) $H = 90$ мм – обеспечивает высокую облученность и достаточную равномерность (при изменении толщины образца в пределах 10 мм данные параметры существенно не изменятся);

2) $H = 140$ мм – обеспечивает лучшую равномерность облученности (при изменении длины и ширины рассматриваемой части образца равномерность существенно не изменяется) и меньшую облученность (для случаев, когда необходима невысокая световая нагрузка).

В результате разработан экспериментальный стенд для сравнения эффективности воздействия на микроорганизмы излучения от РЛНД и ИКЛ, и проведено моделирование полей облученности внутри камеры устройства. Полученные данные позволяют по известным спектральным характеристикам лампы определять времена облучения, необходимые для дезинфекции поверхностей от различных видов микрофлоры.

Список литературы

1. Камруков А.С., Козлов Н.П., Шашковский С.Г., Яловик М.С. Высокоинтенсивные плазменно-оптические технологии для решения актуальных экологических и медико-биологических задач // Безопасность в техносфере. 2009. № 3. С. 31-38.
2. Kim S.-Y., Lee H.-Y., Jun W.-K., Kang D.-H., Jo Y.-J., Jung M.-S. Reflector design to improve the uniformity of an irradiated area using a xenon flash lamp. // Korean Journal of Optics and Photonics. 2019. V. 30. № 5. Pp. 197-203.

УДК 621.327.7

ФОТОННЫЙ ОТЖИГ ОКСИДА ГРАФЕНА ИМПУЛЬСНЫМ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Городинов В.Д., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Научный руководитель: Володин Л.Ю., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В последнее десятилетие существует тренд на исследования в области гибкой электроники. Как правило — это тонкопленочные проводящие материалы, нанесенные на гибкую нетермостойкую подложку. Одним из наиболее перспективных проводящих материалов в данной области является графен, за счет высокой проводимости и низкого коэффициента поглощения. Однако, получение однородного графенового покрытия на нетермостойком субстрате в промышленном масштабе является нетривиальной задачей. Одним из возможных способов является восстановление из оксида графена.

Оксид графена представляет собой графен с кислородсодержащими группами, которые присоединены к углеродной сетке. Благодаря методу получения пленок оксида графена за счёт электростатического взаимодействия с подложкой [1], стало возможно получать равномерные пленки толщиной в один молекулярный слой. Однако, оксид графена является диэлектриком и плохо проводит электрический ток. Чтобы восстановить его электропроводность, необходимо удалить кислородосодержащие функциональные группы и восстановить структуру графена. Полученный таким образом материал называют восстановленным графеном.

Одним из методов восстановления таких пленок является фотонный отжиг широкополосным излучением импульсной ксеноновой лампы. Данный процесс позволяет

получать покрытия в широком диапазоне проводимости, регулируя степень восстановления оксида графена. [2].

Таким образом, целью данной работы является экспериментальное исследование возможности модификации пленок на базе оксида графена импульсным широкополосным излучением.

В качестве источника импульсного широкополосного излучения использовался лабораторный стенд с источником излучения на базе импульсной ксеноновой лампы ИФП-800. Размер зоны облучения стенда составляет 40 х 80 мм, максимальная энергия импульса до 100 Дж. Для минимизации термического воздействия использовалось водяное охлаждение лампы и принудительное конвективное охлаждение предметного стола подложки. Мониторинг температуры стола проводился термопарным датчиком. Изменение температуры не превышало 2°С при работе установки. Поверхностная плотность энергии в эксперименте составляла 0,5 Дж/см^2, время импульса 50 мкс. Образец облучался серией из 100 импульсов с промежуточными измерениями поверхностного сопротивления.

Образцы представляли собой пленки из оксида графена полученные методом распыления на квадратные подложки из ПЭТ размером 2 на 2 см. Оценка изменения структурного/химического состава при воздействии излучения проводилась по спектрам комбинационного рассеяния, снятых при помощи рамановского спектрометра *Optosky ATP8300* и по спектрам двухлучевого спектрофотометра *Persce T9DCS (Китай)* с рабочим диапазоном длин волн от 185 до 900 нм. Для оценки проводимости использовался прибор четырехзондового измерения *ST2263* в режиме поверхностного сопротивления.

Первичные измерения поверхностного сопротивления показали, что сопротивление образца находится за пределами области чувствительности прибора (более 1 МОм/кВ). После облучения серией из четырех импульсов с общей дозой 2 Дж/см^2 поверхностное сопротивление снизилось до 48,5 кОм/кв. Визуально наблюдалось изменение оттенка пленки с бурого на черный. За следующие 30 импульсов удалось получить поверхностное сопротивление до 1,5 кОм/кв. Дальнейшее облучение не привело к изменению проводящих свойств пленки. Результаты спектрометрии показали увеличение оптической плотности во всем диапазоне от 200 до 900 нм на порядок. На спектре комбинационного рассеяния отчетливо заметны характерный D-пик (~1350 см$^{-1}$) и G-пик (~1580 см$^{-1}$). Соотношение I_D/I_G, которое характеризует степень дефектности графеновых слоев, составило 1,05 [3]. После облучения соотношение I_D/I_G не изменилось.

Таким образом, технология импульсного фотонного отжига показала перспективы метода восстановления оксида графена на полимерных нетермостойких подложках. Проведенные исследования показывают наличие предельной экспозиционной дозы облучения и минимальной необходимой толщины покрытия для обеспечения повышения проводимости. В дальнейшем необходимо исследовать режимы обработки с различной дозой облучения в импульсе для определения наиболее эффективных режимов.

Список литературы

1. Yang Y., Lin H., Zhang B. Y., Zhang Y., Zheng X., Yu A., Hong M., Jia B. Graphene-based multilayered metamaterials with phototunable architecture for on-chip photonic devices // Acs Photonics. 2019. V. 6. № 4. Pp. 1033-1040.
2. Al-Hamry A., Kang H., Sowade E., Dzhagan V., Rodriguez R.D., Müller C. Tuning the reduction and conductivity of solution-processed graphene oxide by intense pulsed light // Carbon. 2016. V. 102. Pp. 236-244.
3. Huh S.H. Thermal reduction of graphene oxide // Physics and applications of graphene-experiments. 2011. V. 19. Pp. 73-90.

УДК 621.384.6

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОНДУЛЯТОРОВ ТИПА «IN-VACUUM»

Соколов Г.Р., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
glebsokolov.gr@yandex.com
Научный руководитель: Володин Л.Ю., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
Научный консультант: Комлев А.С., к.ф.-м.н., зам. нач. лаб.
НИЦ «Курчатовский институт», Лаборатория магнитных исследований

Ондулятор – это устройство для генерации когерентного излучения в накопительном кольце синхротрона или лазере на свободных электронах. Электроны пучка при прохождении через устройство, движутся по траектории близкой к синусоиде, испуская рентгеновское излучение с длиной волны:

$$\lambda = \frac{\lambda_u}{2n\gamma^2}\left(1 + \frac{K^2}{2}\right), \quad (1)$$

где λ – длина волны излучения, м; λ_u – период магнитной структуры ондулятора, м;
n – номер гармоники;
γ – Лоренц-фактор частицы;
$K = 93{,}4B_0\lambda_0$ – ондуляторный параметр.

Из выражения 1 видно, что длина волны ондуляторного излучения зависит от энергии пучка (Лоренц-фактор) и длины периода ондулятора. Для получения жесткого рентгеновского излучения (~10^{-10} м), которое применяется в уникальных научных экспериментах в разных дисциплинах, необходимо либо уменьшить период ондулятора, либо увеличить энергию пучка, что не всегда возможно. Для того, чтобы сохранить необходимую амплитуду магнитного поля при уменьшении длины периода, необходимо уменьшить магнитный зазор устройства. Концепция ондулятора типа «in-vacuum» позволяет уменьшить магнитный зазор до значения 3 мм, то есть практически равного апертуре пучка, благодаря размещению магнитной структуры внутри вакуумной камеры.

Особенности конструкции «in-vacuum» ондулятора, которые необходимо учесть при разработке устройства:

1. Необходимо защитить магнитную систему от токов Фуко, возможного попадания синхротронного излучения из поворотного магнита, отжига вакуумной камеры для дегазации. Сегодня для этого используют медную фольгу толщиной ~ 50 мкм. Благодаря высокой проводимости и теплопроводности меди, она служит «экраном» для магнитной системы, эффективно рассеивает тепло. Пороговое значение теплового потока, при котором фольга начнет плавиться зависит от ее плоскостности, поэтому она, покрыта тонким слоем никеля, для надежной фиксации на поверхности магнитов и соединена с переходным устройством для натяжения и совместного охлаждения.
2. Пористая поверхность магнитов, представляет собой серьезное препятствие для достижения рабочего давления p = 10^{-6} Па, что приведет к резкому сокращению жизни пучка. Для снижения газовыделения применяют Ni или TiN покрытия толщиной ~ 25 мкм.
3. Необходимо применять постоянные магниты, устойчивые к размагничиванию ($H_{Ci} \geq 2000$ кА/м). Согласно существующим исследованиям, снижение рабочей температуры до криогенной позволяет значительно увеличить остаточную намагниченность и коэрцитивную силу для $Nd_2Fe_{14}B$ магнитов [1]. При температуре 140 K магниты демонстрируют высокую стойкость к радиационным повреждениям, сравнимую с Sm_2Co_{17}. Ондуляторы с рабочей температурой магнитов ниже 150 K называют криогенными, они позволяют значительно увеличить остаточную намагниченность. Технология активно

развивается, такие устройства установлены на комплексах ESRF и SPring–8 и др. Магниты с содержанием Pd обладают лучшей термостабильностью, чем $Nd_2Fe_{14}B$, согласно существующим исследованиям.

4. Уменьшение магнитного зазора до значений 3-5 мм ведет к значительному увеличению нагрузки на раму, что может быть причиной увеличения значения фазовой ошибки. Для снижения магнитных сил применяют механические и магнитные компенсаторы [2].

5. Применение самовыравнивающейся системы in-situ магнитных измерений SAFALI [3] позволяет применять более жесткие H-образные рамы, что также снижает значение фазовой ошибки.

В результате анализа актуальных источников и изучения доступных презентаций и записей конференций по теме были определены ключевые тенденции развития ондуляторов типа «in-vacuum»:

1. криогенное охлаждение магнитной структуры;
2. магнитные и механические методы компенсации вертикальной составляющей силы взаимодействия для снижения прогиба рамы и фазовой ошибки;
3. проведения магнитных измерений in-situ (SAFALI и гибридные методы) для улучшения конфигурации магнитного поля;
4. применение NdPrFeB магнитов при криогенных температурах благодаря повышенной термической стабильности.

Список литературы

1. Benabderrahmane C. et al. Development of a 2 m Pr2Fe14B cryogenic permanent magnet undulator at SOLEIL // J. Phys.: Conf. Ser. 11th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2012) (Lyon, 09-13 July, 2012). IOP Publishing. 2013. V. 425. № 3. DOI: 10.1088/1742-6596/425/3/032019.
2. Kinjo R. et al. Lightweight-compact variable-gap undulator with force cancellation system based on multipole monolithic magnets // Review of Scientific Instruments. 2017. V. 88. № 7. DOI: 10.1063/1.4991652.
3. Tanaka T. et al. In situ correction of field errors induced by temperature gradient in cryogenic undulators // Phys. Rev. ST Accel. Beams. American Physical Society. 2009. V. 12. № 12. DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.12.120702.

УДК 539.23

СНИЖЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ В ИК-ОБЛАСТИ ПЛЕНКИ НИТРИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Третьяк А.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
tretyakas@student.bmstu.ru
Тарасова В.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
tarasovavs@student.bmstu.ru
Научные руководители: Кириллов Д.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»;
Рязанов В.А., ст. преподаватель
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Тонкие пленки нитрида кремния Si_xN_y являются одним из ключевых материалов интегральной фотоники. Методом получения пленок Si_xN_y, совместимым с технологией получения целевых устройств, является активированное плазмой химическое осаждение из

паровой фазы (*PECVD – plasma enhanced chemical vapor deposition*). Данный метод проходит при температурах до 400 ºС, но имеет недостаток в виде включений водорода в пленку, в частности в виде связей N-H. Это приводит к увеличению поглощения в инфракрасной (ИК) области спектра, где работают волноводы, и росту оптических потерь [1]. Таким образом, цель работы заключалась в исследовании влияния параметров нанесения пленки нитрида кремния методом *PECVD* на содержание в ней связей N-H.

Наличие связей N–H и их вклад в поглощение оценивался по коэффициенту экстинкции *k* и провалу в спектре пропускания на длине волны 2985 нм, – характерной для пика поглощения связи N–H [2]. Измерения осуществлялись при помощи метода эллипсометрии на отражение и пропускание излучения в средней ИК-области спектра (от 2800 до 3200 нм).

В качестве подложек в эксперименте использовались кремниевые пластины: односторонне полированные (Ø150 мм) – для измерения коэффициента *k*, и двусторонне полированные (Ø100 мм) – для получения спектров пропускания. Перед нанесением пластины были очищены в диметилсульфоксиде и деионизированной воде, затем просушены в азоте марки 5.0. Для измерения *k* был нанесен подслой ванадия толщиной 200 нм методом электронно-лучевого испарения, толщина контролировалась кварцевым датчиком.

Плёнки Si_xN_y толщиной 1 мкм осаждались на установке с плазмой высокочастотного емкостного разряда с использованием прекурсоров SiH_4 (5 % в Ar), N_2, NH_3. Во всех экспериментах сохранялись условия: мощность – 100 Вт, давление – 1 Торр, температура – 280 °С (контролировалась термопарами). Были рассмотрены три режима нанесения.

В первом варианте нанесения к прекурсорам был добавлен гексафторид серы (SF_6) для травления водородных включений и снижения содержания в пленке связей N–H. Были проведены эксперименты с добавлением 1,5, 0,5 и 0,1 мг/с SF_6, однако при расходах 1,5 и 0,5 мг/с процессы оказались нестабильными и были исключены из дальнейшего анализа. Во втором варианте был снижен расход подаваемого аммиака NH_3, при этом соотношение расходов прекурсоров SiH_4 (95% Ar):N_2:NH_3 изменялось от 17:10:3 до 17:14:0 с целью сохранения постоянного полного расхода. При полном исключении NH_3 плёнки имели высокий коэффициент преломления ($n \approx 3$), что свидетельствовало о их обеднении азотом, поэтому режим также далее не изучался. В третьем варианте исследовалось влияние ИК-отжига на уменьшение связей N–H. Плёнки подвергались отжигу в азоте марки 5.0 при атмосферном давлении при температуре 650 ºС в течение 1 часа.

В результате экспериментов было установлено, что добавление 0,1 мг/с SF_6 в камеру при осаждении оказало несущественное влияние на поглощение на длине волны 2985 нм. Значительное снижение поглощения в исследуемой области для данного режима в сравнении с исходным наблюдалось только в случае последующего отжига.

Наиболее оптимальным оказался режим нанесения, при котором сочеталось использование соотношения расходов прекурсоров SiH_4 (95% Ar):N_2:NH_3 = 17:13:1 и последующий отжиг. При этом удалось практически полностью избавиться от поглощения, обусловленного связями N-H в пленке.

Теоретически обосновать полученные результаты возможно рассмотрев механизм осаждения нитрида кремния методом *PECVD*, который включает в себя следующие реакции [3]:

$$SiH_4 + 4NH_3 \rightarrow Si(NH_2)_4{}^{\text{газ}} + 4H_2, \quad (1)$$

$$3Si(NH_2)_4{}^{\text{адсорб}} \rightarrow Si_3N_4{}^{\text{тв}} + 8NH_3{}^{\text{газ}}. \quad (2)$$

Из рассмотрения данного механизма было предположено, что снижение концентрации аммиака в исходной газовой смеси приводит к уменьшению количества адсорбируемых молекул $Si(NH_2)_4$ и снижению общей концентрации связей N-H в пленке. Кроме того, последующий отжиг дополнительно стимулирует реакцию (2) и снижение концентрации связей N-H при десорбции NH_3 из пленки.

Таким образом, было исследовано влияние режимов нанесения методом *PECVD* пленок нитрида кремния и последующего отжига на их оптические свойства в ИК-диапазоне 2800–3200 нм. При изменении соотношения расхода прекурсоров SiH_4 (95% Ar):N_2:NH_3 от 17:10:3 до 17:13:1 удалось снизить влияние включения водорода в пленку нитрида кремния в виде связей N-H. Также было установлено положительное влияние термического отжига при температуре 650 ºС в течение 1 часа для всех исследуемых образцов.

Список литературы

1. Mao S.C. et al. Low propagation loss SiN optical waveguide prepared by optimal low-hydrogen module // Optics express. 2008. V. 16. № 25. DOI: 10.1364/OE.16.020809.
2. Beshkov G. et al. IR and Raman absorption spectroscopic studies of APCVD, LPCVD and PECVD thin SiN films // Vacuum. 2002. V. 69. № 1-3. Pp. 301-305.
3. Stannowski B. Silicon-based thin-film transistors with a high stability: PhD thesis. Enschede: Printpartners Ipskamp, 2002. 135 p.

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

УДК 66.074.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БАТАРЕЙНОГО ЦИКЛОНА БЦ-2

Исмаилов Д.М., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
celal_ismailov@mail.ru
Научный руководитель: Симакова Е.Н., к.п.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Конструктивные особенности и принцип работы батарейных циклонов.

Батарейные циклоны представляют собой пылеулавливающие аппараты, составленные из множества параллельно установленных циклонных элементов, объединенных в одном корпусе. Они применяются для очистки выбросов от твердых частиц в различных промышленных процессах. Основное преимущество батарейных циклонов –простота конструкции и низкая себестоимость эксплуатации при улавливании частиц размером более 20 мкм [1].

Принцип работы батарейных циклонов основан на создании центробежных сил, которые отделяют частицы пыли от газового потока. Газ поступает в циклонные элементы через распорядительную камеру, закручивается направляющим аппаратом, принимая вращательно-поступательное движение, в результате этого частицы пыли отбрасываются к стенкам, после чего выводятся через пылеотводящие отверстия в бункер. Очищенный газ выводится через выхлопные трубы [2].

Проблема равномерного распределения расхода.

Одной из основных проблем, снижающих эффективность батарейных циклонов, является неравномерное распределение расхода газа между циклонными элементами. Это приводит к снижению эффективности очистки и увеличению энергозатрат. Основные факторы, влияющие на равномерное распределение расхода:

1) турбулентность и локальные завихрения: при высоких скоростях газового потока возникает турбулентность, которая приводит к возникновению локальных завихрений. Они, в свою очередь, способствуют неравномерному распределению загрязняющих веществ по объему системы;

2) неправильная конструкция: резкие повороты и сужения в воздуховодах создают застойные зоны, что, в свою очередь, ухудшает равномерность распределения;

3) износ оборудования: износ компонентов увеличивает сопротивление потоку, что приводит к неравномерному распределению;

4) внешние воздействия: изменения температуры и влажности могут влиять на равномерность потока.

Неправильная конструкция может стать источником возникновения других факторов, поэтому наиболее важно оптимизировать ее. Оптимизация будет проводиться путем выбора угла наклона трубной решетки распорядительной камеры. Анализ будет проводиться по полю распределения давлений.

Математическое моделирование.

Для того, чтобы увидеть поле распределения давлений на поверхности входа в циклонные элементы, в программе SolidWorks 2019 были построены математические модели распорядительной камеры 1 и 2. Были рассмотрены два угла наклона трубной решетки: 29° и 20°.

Суммарный перепад давлений математической модели 1, с углом наклона трубной решетки 29°, составил 43,6 Па. В математической модели 2, с углом наклона трубной решетки 20°, суммарный перепад давлений составил 28,6 Па.

Результаты расчетов показали, что при угле наклона трубной решетки 20° достигается более равномерное распределение расхода газа, т.к. перепад давлений значительно меньше, что способствует повышению эффективности очистки.

Для более точного учета общего гидравлического сопротивления были построены дополнительные математические модели 3 и 4 на основе моделей 1 и 2 с учетом корпусов циклонных элементов и направляющих аппаратов. Суммарный перепад давлений математической модели 3, построенной на основе модели 1, составил 172,8 Па. Для математической модели 4, построенной на основе модели 2, суммарный перепад давлений составил 162,9 Па.

Результаты данных расчетов подтвердили, что угол наклона трубной решетки, равный 20°, обеспечивает более равномерное распределение газового потока, тем самым снижая скорость формирования вихрей и локальных зон с повышенной концентрацией загрязняющих частиц. Это, в свою очередь, повышает эффективность процесса очистки, поскольку появляется возможность извлечь чистый воздух с минимальными потерями.

Список литературы

1. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т.1. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. 852 с.
2. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справ. изд. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

УДК 697.941

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кубрак А.И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
angelina270603@yandex.ru
Научный руководитель: Навасардян Е.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Текстильная промышленность является одной из наиболее значимых отраслей экономики, однако, её производственные процессы сопровождаются образованием большого количества вредных выбросов в рабочую зону. Особую актуальность данная проблема приобретает в контексте охраны труда, так как высокие концентрации пыли в рабочей зоне представляют непосредственную угрозу здоровью персонала.

Цель данной работы заключается в разработке концепции снижения негативного воздействия выбросов текстильного производства. Основными задачами являются ознакомление с характерными особенностями выбросов, образующихся на текстильном производстве, измерение концентрации пыли на рабочем месте, сравнение полученных данных с допустимыми значениями и разработка концепции снижения выбросов на текстильных производствах.

Основную проблему на текстильных предприятиях представляют выбросы мелкодисперсной пыли, образующейся при обработке натуральных и синтетических волокон. Особенно опасны частицы размером 0,5-1 мкм, способные глубоко проникать в дыхательную систему человека. В процессе чесания, прядения и ткачества концентрация таких частиц в рабочей зоне может значительно превышать допустимые нормы [1].

Для объективной оценки уровня загрязнения воздуха были проведены измерения на шерстопрядильной фабрике с помощью счётчика аэрозольных частиц АЗ-10. Прибор работает по принципу лазерной дифракции – воздушный поток с частицами проходит через лазерный

луч, и рассеянный свет фиксируется чувствительными фотодетекторами. Анализируя характер светорассеяния, прибор определяет размер и концентрацию частиц в диапазоне от 0,3 до 10 мкм. АЗ-10 оснащён микропроцессорной системой обработки данных, что позволяет получать точные результаты в реальном времени и анализировать распределение частиц по фракциям [2].

Проведённые измерения выявили значительное превышение допустимых концентраций пыли в рабочей зоне. Фракционный анализ показал, что большинство частиц имеют размер 0,5-1 мкм, что особенно опасно для здоровья работников, так как именно такие частицы способны проникать в альвеолы лёгких.

В качестве эффективного решения проблемы предлагается установка полого скруббера с системой форсунок. Принцип работы такого устройства основан на контакте загрязнённого воздушного потока с тонкодисперсной водяной завесой. Воздух поступает в нижнюю часть вертикальной колонны и движется вверх, орошаясь каплями воды, распылёнными форсунками. Частицы пыли улавливаются жидкостью и осаждаются в бункер шлама, а очищенный воздух выходит через верхний патрубок. Ключевым элементом системы являются специальные форсунки полноконусного типа, обеспечивающие равномерное распределение жидкости по всему сечению аппарата.

Преимущества полого скруббера с форсунками включают высокую эффективность для частиц размером 0,5-1 мкм, относительно простую конструкцию, низкие эксплуатационные затраты и возможность использования рециркуляционной системы водоснабжения [3].

В работе проведена качественная и количественная оценка воздуха рабочей зоны шерстопрядильной фабрики. Получены значения концентрации пыли в рабочей зоне и проанализирован их дисперсный состав. Предложена концепция системы очистки выброса с использованием мокрого полого скруббера (стадия – эскизный проект). Проведены расчет основных параметров и проектирование мокрого скруббера. Применение мокрого скруббера позволяет на 90% снизить концентрацию пыли в выбросе.

Таким образом, проведённый анализ демонстрирует необходимость внедрения современных систем очистки воздуха на текстильных предприятиях. Использование полых скрубберов с форсунками представляется оптимальным решением, позволяющим эффективно улавливать опасные мелкодисперсные частицы и создавать безопасные условия труда для работников производства.

Список литературы

1. Щепочкин А.М. Возможности снижения выделений пыли на текстильных предприятиях // Технологии и качество. 2024. № 4 (66). С. 28-36.
2. Счетчик аэрозольных частиц АЗ-10. Руководство по эксплуатации ЭКИТ 7.830.000 РЭ. URL: https://ntm.ru/UserFiles/File/product/APFD/AP-30/ap-13_rukovodstvo.pdf?ysclid=mc0lqx6i7o447945704 (Дата обращения 05.05.2025).
3. Щипанов А.В., Думбаускене А.В. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2023. 173 с.

УДК 628.54

ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОТОЧНОМ РЕЖИМЕ

Матвеева В.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
varya.matveeva.03@mail.ru
Семенчуков М.С., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
m.semenchukou@yandex.ru
Научный руководитель: Сазонов Д.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Загрязнение и дефицит водных ресурсов остаются актуальной проблемой. В сточных водах часто содержатся поверхностно-активные вещества (ПАВ), в концентрациях превышающих допустимые. Для их удаления применяются физико-химические методы, включая флотацию – процесс, основанный на образовании комплексов загрязняющих частиц и пузырьков газа, с последующим их всплытием на поверхность воды, образованием пенного слоя и последующем его удалением [1].

Флотация основана на взаимодействии пузырьков газов с гидрофобными загрязняющими веществами. Эффективность зависит от размера пузырьков и структуры ПАВ. Слишком крупные или мелкие пузырьки могут не захватывать частицы, вызывая «проскок» [2]. Анионные ПАВ (а-ПАВ), часто встречающиеся в бытовых стоках, представляют наибольшую сложность.

Цель работы – проведение опыта по очистке сточных вод от а-ПАВ в разработанной лабораторной установке.

Лабораторная установка включает: резервуар с исходной водой, насос, компрессор, камеру аэрации, аэратор, ротаметры и вентили. Воздух подается в поток воды, образуя водовоздушную смесь, которая представляет собой рабочую жидкость. В процессе опыта использовались модельные сточные воды, содержащие моющее средство. После 20 минут работы установки производился отбор проб в различных точках, еще через 30 минут – итоговая проба.

Был использован фотоколориметрический метод определения концентрации веществ [1]. Проба разбавлялась, после в нее добавлялись реагент и экстрагент, далее измерялось оптическое поглощение органической фазы при длине волны 660 нм. Измерения производились с помощью фотоколориметра и программы «Экотест-2020».

Результаты анализа показали снижение концентрации ПАВ после флотационной очистки. Начальные значения были около 6,37 мг/л, итоговые – в среднем 3,9-4,6 мг/л, в зависимости от точки отбора. Это подтверждает работоспособность разработанной установки. Несмотря на неполное удаление загрязнений, наблюдается устойчивое снижение уровня ПАВ.

Флотация является действенным и экономичным методом удаления ПАВ из сточных вод. Методика колориметрического анализа дает возможность точно оценивать эффективность очистки. Применение флотации в проточных системах способствует улучшению экологической безопасности и рациональному использованию водных ресурсов.

Список литературы

1. Сазонов Д.В. Флотационная очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ: учебно-методическое пособие. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. 18 с.
2. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 270 с.

УДК 504.064.2.001.18

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИКЛАДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСИ В АТМОСФЕРЕ

Пряхина Е.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
priahina@bmstu.ru
Научный руководитель: Татаринов В.В., к.ф-м.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

В окружающем нас мире, среди различных техногенных опасностей, которые угрожают человечеству, химические аварии занимают одно из первых мест. Это связано с токсическими свойствами многих химических веществ, широким применением этих веществ в различных отраслях хозяйства, а также с тем фактом, что большинство объектов, использующих или хранящих опасные вещества, территориально приближены к местам с большой плотностью населения. Масштабы последствий химических аварий могут быть от локальных до катастрофических.

Моделирование распространения примеси в атмосфере является важной составной частью оценки химической обстановки при авариях на химически опасных объектах.

Анализ современного состояния теории распространения примесей в атмосфере показывает, что поскольку процесс переноса примеси определяется, в первую очередь, турбулентностью атмосферы, а все уравнения механики турбулентных потоков являются незамкнутыми (содержат больше неизвестных, чем уравнений), то и моделирование распространения примесей в атмосфере не может быть сведено к определенной задаче математической физики, а обязательно требует привлечения различного рода нестрогих и приближенных гипотез и допущений. По этой причине задача о распространении примесей в атмосфере не имеет одного общепринятого «правильного решения», а характеризуется наличием целого ряда подходов, ни один из которых не может претендовать на полную строгость и точность.

К основным общепринятым подходам, нашедшим самое широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом, относятся:
- прямое экспериментальное исследование,
- полуэмпирический подход в рамках теории диффузии,
- статистический подход в рамках теории диффузии,
- ряд подходов, базирующихся на теории подобия.

Кроме вышеперечисленных подходов в последние годы самое широкое применение нашел так называемый комплексный подход, который в зависимости от характера решаемых задач использует сочетание нескольких подходов.

Прямое экспериментальное исследование базируется на прямых инструментальных способах измерения формы выбросов, условий диффузии и траектории движения примесей. В ряде случаев могут измеряться конкретные значения показателей, такие как концентрация или плотность потока. В настоящее время этот способ ввиду сложности реализации, которая обусловлена, в первую очередь, состоянием технических средств, находит свое применение лишь в области научных исследований.

Удобные модели переноса примесей в атмосфере можно получить из *принципов теории подобия* и соображений размерности [1]. Однако в данном случае для правильного выбора переменных и параметров требуется физическая интерпретация и знание физики протекающих процессов. В чистом виде теорию подобия обычно используют в тех случаях, когда в силу сложности рельефа местности и застроек невозможно правильно оценить граничные условия и направления движения воздушных потоков.

Наиболее широкое использование в настоящее время получила *теория турбулентной диффузии*, основывающаяся на законе сохранения массы. В рамках этой теории существуют

несколько подходов: *статистический* и *полуэмпирический.* Противопоставление данных подходов не имеет смысла, так как полуэмпирическая теория также является статистической и выделяется не отказом от использования статистических характеристик, а лишь приемами, используемыми при их определении.

Комплексный подход используется как в рамках теории диффузии, так и в теории подобия.

С точки зрения моделирования распространения примесей в атмосфере, все применяемые в настоящем времени решения можно классифицировать с использованием различных признаков. В качестве классификационных признаков могут выступать вид примеси, тип источника, способ получения решений и так далее.

В зависимости от вида дисперсного состава отравляющего вещества все модели можно условно разделить на две большие группы: математические модели, используемые для описания *невесомой примеси* (пар, газ) и математические модели, используемые для описания *оседающей примеси* (аэрозоли и аэровзвеси). В соответствии со степенью учета влияния турбулентной диффузии модели можно подразделить на *диффузионные, полукинематические* (*комбинированные*) и *кинематические*. Диффузионные представлены *полуэмпирическими* (К-модели), *статистическими* (S-модели) и *комплексными* (К-S-модели) моделями.

С точки зрения возможных решений, получаемых на базе уравнений диффузии в частных производных, модели также можно разделить на две группы – *аналитические* и *численные* [2].

Список литературы

1. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / Под ред. Ф.Т.М. Ньюстадта и Х. Ван Допа, пер. с англ. А.М. Яглома. Л.: ГИМИЗ, 1985. 350 с.
2. Седов Л.И. Методы размерности и подобия в механике. М.: Наука, 1987. 432 с.

УДК 66.074.5

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ СТАНЦИИ ГАЗИФИКАЦИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Таммаа И., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
ibrahemtamaa@yandex.com
Научный руководитель: Навасардян Е.С., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Разработка малотоннажных систем для газификации жилых районов, удаленных от трубопроводных магистралей природного газа, – одна из перспективных и коммерчески привлекательных задач во всем мире. Такие системы позволяют создавать автономные центры газификации на основе мобильных транспортных емкостей – цистерн универсальной конфигурации для автомобильного, судового и железнодорожного транспорта. Системы газификации должны быть спроектированы так, чтобы максимально снизить выброс метана и продуктов горения факельных систем. Однако без специальных решений и разработки системы очистки выбросов, выбросы метана (с факельных систем, от утечек, во время операций обслуживания) могут оставаться значительными [1].

В данной работе проанализированы основные источники выбросов систем газификации СПГ (сжиженного природного газа):

- утечки метана из оборудования и из трубопроводных магистралей;
- выброс метана из резервуаров для хранения СПГ и оборудования для контроля давления или в экстренных случаях (через клапаны сброса давления и трубы);
- неполное сгорание метана на факельных установках;

- выброс продуктов сгорания с факельной установки.

Рассмотрены два наиболее распространенных варианта организации выбросов паров ПГ (природного газа) [2]: дренажные пары ПГ из емкости выбрасываются в окружающую среду; дренажные пары ПГ выбрасываются на факельную систему.

Автором работы предложен вариант конденсации дренажных паров ПГ и возврата обратно в резервуар, что хорошо, как для окружающей среды, так и для экономики. Рассчитан общий объем выбросов ПГ при воздействии теплопритока из окружающей среды для летнего режима работы и емкости объемом 38 $м^3$, при давлении в емкости 5 бар и температуре окружающей среды +22°С. Проведена оценка качественного состава выбросов и представлены результаты расчета скорости испарения ПГ в емкости при уменьшении уровня СПГ и связь между объемом жидкости в емкости и скоростью испарения.

Список литературы

1. Энергетический центр Сколково. Малотоннажный СПГ в России: текущее состояние и перспективы. 2019. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/research06-ru.pdf (Дата обращения 03.04.2025).
2. Методические рекомендации по оценке выбросов загрязняющих веществ от ТЭС и котельных. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813117.htm (Дата обращения 03.04.2025).

УДК 621.321

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОРПУСЕ

Фугаева А.А., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
fugayeva@list.ru
Шигапова С.В., студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
ssssshigapova@gmail.ru
Научный руководитель: Сазонов Д.В., к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Работа посвящена актуальной теме, так как освещенность непосредственно влияет на работоспособность и здоровье человека во время учебного и рабочего процессов. К сожалению, в ряде случаев в учебных помещениях освещенность не соответствует нормативам [1], в связи с чем было решено изучить обстановку в новом корпусе.

Цель работы: проанализировать уровень освещенности в новом Технологическом корпусе МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Задачи*:* изучить нормативные требования по освещенности; провести измерения в аудиториях технологического корпуса; изучить необходимые материалы для проведения анализов измерений; исходя из результатов сделать соответствующие выводы о состоянии освещенности в корпусе; предложить возможные варианты решения проблем, связанных с освещенностью в учебном корпусе.

Место проведения измерений*:* новый Технологический корпус МГТУ им. Н.Э. Баумана. Измерения проводились в аудиториях 422т и 444т, а также на территории корпуса. Для проведения измерений использовался прибор «ТКА-ПКМ» (Люксметр + Пульсметр), предназначенный для измерения следующих параметров: освещенности (Е, лк) в видимой области спектра 380…760 нм*;* коэффициента пульсации освещенности (КП, %). Нормативные значения взяты из СанПиН 1.2.3685-21 [2].

Результаты измерений:

1) аудитория 422т (учебный класс): средняя освещенность на учебных местах 288 лк; на столе преподавателя – 248 лк; среднее значение КП – 2%;

норма освещенности: не менее 300 лк; норма КП: не более 10%.

2) аудитория 444т (компьютерный класс): средняя освещенность на столах 300 лк; на столе преподавателя – 208 лк; среднее значение КП – 1,3%;

норма освещенности: не менее 400 лк; норма КП: не более 5%.

3) территория возле корпуса: средняя освещенность менее 10 лк при норме 50 лк; КП не нормируется.

Таким образом уровень освещенности в аудитории 444т и на территории корпуса ниже нормы; уровень освещенности в аудитории 422т соответствует нижней границе нормы; КП соответствует требуемым значениям.

В качестве решения проблемы предлагается заменить светильники на более мощные и покрасить стенки в светлые.

Список литературы

1. Сазонов Д.В., Погорелова И.А., Какотка Д.С. Повышение качества освещенности в учебной аудитории // Безопасность жизнедеятельности. 2024. № 1. С. 14-18.
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (Дата обращения 03.04.2025).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ. ИГОРЬ БОРИСОВИЧ ФЁДОРОВ 3

РАЗДЕЛ «АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ» 6

РАЗДЕЛ «БЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОМ МИРЕ»..... 33

РАЗДЕЛ «БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА» 58
СЕКЦИЯ «Биомедицинские технические системы» 58
СЕКЦИЯ «Медико-технические информационные технологии»..... 67
СЕКЦИЯ «Менеджмент и предпринимательство в сфере живых систем»..... 77
СЕКЦИЯ «Исследования, испытания и эксплуатация медицинской техники»..... 85

РАЗДЕЛ «ГОЛОВНОЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР» 88

РАЗДЕЛ «ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ»..... 95
СЕКЦИЯ «Высокотехнологичные инновации и инвестиции, менеджмент высокотехнологичных производств и экономика промышленных и производственных технологий»..... 95
СЕКЦИЯ «Управление инновациями в наукоемких производствах»..... 163
СЕКЦИЯ «Управление проектами развития технологий»..... 166

РАЗДЕЛ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»..... 170
СЕКЦИЯ «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации»..... 170
СЕКЦИЯ «Информационные системы и телекоммуникации»..... 175
СЕКЦИЯ «Системы обработки информации и управления»..... 186
СЕКЦИЯ «Интеллектуальные и киберфизические системы» 198
СЕКЦИЯ «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»..... 210
СЕКЦИЯ «Актуальные вопросы информационной безопасности» 220
СЕКЦИЯ «Теоретическая информатика и компьютерные технологии» 224
СЕКЦИЯ «Защита информации» 234

РАЗДЕЛ «КАЛУЖСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА» 241
СЕКЦИЯ «Физика конденсированного состояния и электронная техника»..... 241
СЕКЦИЯ «Информационные технологии. Информационно - вычислительные системы и комплексы»..... 250
СЕКЦИЯ «Проектирование программно-информационных систем» 257
СЕКЦИЯ «Прикладные проблемы лингвистики и лингводидактики»..... 266
СЕКЦИЯ «Актуальные вопросы энергосбережения, энергоэффективности, использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии»..... 273
СЕКЦИЯ «Научно-исследовательская и профориентационная деятельность СНТО КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: наставничество и партнерство»..... 288

РАЗДЕЛ «ЛИНГВИСТИКА»..... 290
СЕКЦИЯ «Русский язык как язык науки и образования» 290
СЕКЦИЯ «Английский язык для приборостроительных специальностей» 298
СЕКЦИЯ «Английский язык для машиностроительных специальностей»..... 311
СЕКЦИЯ «Русский язык как иностранный» 328

РАЗДЕЛ «МЫТИЩИНСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА» 334
СЕКЦИЯ «Системы автоматического управления» 334
СЕКЦИЯ «Приборостроение» 339
СЕКЦИЯ «Моделирование, разработка и эксплуатация современных технических систем» 347
СЕКЦИЯ «Экономика и управление» 352
СЕКЦИЯ «Лингвистика» 362
СЕКЦИЯ «Высшая математика и физика» 371
СЕКЦИЯ «Педагогика, психология, право, история и философия» 378
СЕКЦИЯ «Лесные культуры, селекция и почвоведение» 389
СЕКЦИЯ «Лесное хозяйство» 400
СЕКЦИЯ «Экология леса и современные проблемы лесной науки» 408
СЕКЦИЯ «Лесоуправление, лесоустройство и геоинформационные системы» 415
СЕКЦИЯ «Технология и оборудование лесопромышленных предприятий» 425
СЕКЦИЯ «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство» 432
СЕКЦИЯ «Транспортно-технологические средства и оборудование лесного комплекса» 442
СЕКЦИЯ «Технология деревоперерабатывающих производств» 451
СЕКЦИЯ «Химия и химические технологии в лесном комплексе» 460
СЕКЦИЯ «Автоматизация технологических процессов, оборудование и безопасность производств» 470

РАЗДЕЛ «РОБОТОТЕХНИКА И КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ» 478
СЕКЦИЯ «Начертательная геометрия и геометрическое моделирование» 478
СЕКЦИЯ «Системы автоматизации производства» 485

РАЗДЕЛ «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА» 493
СЕКЦИЯ «Лазерные и оптико-электронные системы» 493
СЕКЦИЯ «Элементы приборных устройств» 507

РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ» 514
СЕКЦИЯ «История» 514
СЕКЦИЯ «Социология и культурология» 525
СЕКЦИЯ «Информационная аналитика и политические технологии» 533
СЕКЦИЯ «Философия» 541
СЕКЦИЯ «Педагогика и когнитивные образовательные технологии 550

РАЗДЕЛ «СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ» 561
СЕКЦИЯ «Космические аппараты и ракеты-носители» 561
СЕКЦИЯ «Аэрокосмические системы, космические парусные системы и киберкосмос» 569
СЕКЦИЯ «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» 571
СЕКЦИЯ «Управление движением космических, летательных и спускаемых аппаратов» 577
СЕКЦИЯ «Средства поражения и боеприпасы» 582
СЕКЦИЯ «Автономные информационные и управляющие системы» 595
СЕКЦИЯ «Вооружение и военная техника» 602
СЕКЦИЯ «Робототехнические системы и мехатроника» 611
СЕКЦИЯ «Стартовые ракетные комплексы» 619
СЕКЦИЯ «Разработка колесных машин» 624
СЕКЦИЯ «Технологии ракетно-космического машиностроения» 626
СЕКЦИЯ «Ракетно-космические композитные конструкции» 635

РАЗДЕЛ «СТУДЕНЧЕСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ»..... 641

РАЗДЕЛ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ» 645
СЕКЦИЯ «Актуальные направления развития прикладной математики в энергетике, энергоэффективности и информационно-коммуникационных технологиях»..... 645
СЕКЦИЯ «Математика и математическое моделирование»..... 654
СЕКЦИЯ «Математическое моделирование (ФН-3)» 660
СЕКЦИЯ «Техническая физика» 665
СЕКЦИЯ «Химия и химическая технология» 674
СЕКЦИЯ «Электротехника и промышленная электроника» 681
СЕКЦИЯ «Вычислительная математика и математическая физика» 689
СЕКЦИЯ «Математическое моделирование»..... 696

РАЗДЕЛ «ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ» 705
СЕКЦИЯ «Ракетные двигатели»..... 705
СЕКЦИЯ «Комбинированные двигатели и альтернативные энергоустановки»..... 712
СЕКЦИЯ «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки» 721
СЕКЦИЯ «Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения»..... 724
СЕКЦИЯ «Теплофизика»..... 733
СЕКЦИЯ «Ядерные реакторы и установки» 741
СЕКЦИЯ «Плазменные энергетические установки и электроракетные двигатели»... 747
СЕКЦИЯ «Экология и промышленная безопасность» 757

ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА», ПОСВЯЩЕННАЯ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА И.Б. ФЁДОРОВА

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Редактор: В.В. Строков
Компьютерная верстка: В.В. Строков
Корректор: О.В. Якупова

Подписано в печать 26.06.2025. Формат 60х90 1/8
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Объем 96 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2574.

Издательский дом
«Научная библиотека»
Телефон: 8(495)59229-98
Адрес сайта: https://s-lib.com
E-mail: info@s-lib.com, idnb11@yandex.ru